



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

POSOUZENÍ STOKOVÝCH SYSTÉMŮ URBANIZOVANÝCH POVODÍ

ASSESSMENT OF SEWERAGE SYSTEMS OF URBAN CATCHMENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kristýna Velikovská

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Kristýna Velikovská
Název	Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí
Vedoucí práce	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Pasportizační údaje a dostupné údaje o stokové síti vybrané části urbanizovaného celku jako podklad pro zpracování BP.
- [2] MAYS, Larry W. Stormwater collection systems design handbook. New York: McGraw-Hill, c2001, 1 v. (various pagings). ISBN 0071354719.
- [3] STRÁNSKÝ, David et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf.
- [4] KLEPSATEL, František a RACLAVSKÝ, Jaroslav. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, c2007, 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [5] STEIN, Dietrich. Der begehbbare Leitungsgang. Berlin: Ernst&Sohn, 2002. ISBN 3-433-01263-X.
- [6] STEIN, Dietrich. Grabenloser Leitungsbau. Berlin: Ernst&Sohn: Berlin, 2003. ISBN 3-433-01778-6.
- [7] STEIN, Dietrich a NIEDEREHE, Wilhelm. Instandhaltung von Kanalisationen. Berlin: Ernst & Sohn Verlag, 1992. s. 814. ISBN 3-433-01177-X.
- [8] ŠPALEK, Petr a RACLAVSKÝ, Jaroslav. Sanace stok a kanalizačních přípojek. Praha: Hydroprojekt, 2000. s. 78.
- [9] RACLAVSKÝ, Jaroslav. Sanace stokové sítě. Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup, 20. kapitola, Noel 2000, s. 453-466. ISBN 80-86020-39-8.
- [10] Příslušné legislativní a normativní podklady.
- [11] Další podklady dle pokynu vedoucího BP.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem bakalářské práce bude zpracování nových poznatků a informací z oblasti posuzování stokových systémů urbanizovaných povodí. Práce se bude skládat ze dvou částí. V první části studentka provede rešerši z dané problematiky – soudobá koncepce řešení systémů městského odvodnění, monitoring, simulační modelování, klíčové ukazatele, základní řešené vodohospodářské úkoly. V druhé části studentka aplikuje získané poznatky a provede v rámci případové studie posouzení stávající stokové sítě.

Požadované výstupy: technická zpráva, výkresová dokumentace dle pokynů vedoucího BP.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Bakalářská práce zpracovává nové i dosavadní poznatky v posuzování stokových systémů urbanizovaných povodí. Teoretická část práce popisuje klasickou a soudobou integrovanou koncepci odvodnění urbanizovaného území. V rámci soudobé koncepce odvodnění je sepsán přehled metod pro provádění monitoringu stokových sítí, nastíněno sestavování simulačních modelů na základě získaných hodnot z monitorování a řešení základních vodohospodářských úloh. Praktická část aplikuje teoretické poznatky do posuzování stokového systému obce Kladeruby nad Oslavou. V práci je podrobně rozebráno posuzování s ohledem na platnou legislativu.

Klíčová slova

Stoková síť, posouzení, monitoring, simulační modelování, průzkum, multikriteriální hodnocení, vodohospodářství.

Abstract

The bachelor thesis prepares new and present knowledge of assessment of sewerage systems of urban catchments. Theoretical part of the thesis describes classical and contemporary integrated concept of draining waste water from urban catchments. In pursuance of contemporary integrated concept, there is a list of methods, which is used for monitoring conditions of sewer system, making a simulative modeling and solving of elementar tasks in water management. Practical part of the thesis uses gained knowledge to assess sewerage systems of Kladeruby nad Oslavou village. The bachelor thesis is written with respect to valid legislation.

Key words

Sewer system, assessment, monitoring, simulative modeling, survey, multicriteria evaluation, water management.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

VELIKOVSKÁ, Kristýna. *Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. Brno, 2017. 79 s., 6 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2017

Kristýna Velikovská
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce, panu doc. Ing. Jaroslavu Raclavskému, Ph.D., za vstřícný přístup, ochotu a odborné rady při řešení této práce. Děkuji rovněž starostovi obce Kladeruby nad Oslavou, Milanu Horkému, za poskytnutí údajů a informací potřebných k vytvoření praktické části bakalářské práce.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	SOUDOBA Koncepce řešení systémů odvodnění	4
2.1	KLASICKÁ Koncepce odvodnění.....	4
2.2	Koncepce integrovaného systému odvodnění.....	5
2.2.1	EMISNÍ STRATEGIE	5
2.2.2	IMISNÍ STRATEGIE	5
2.3	CENTRALIZOVANÝ SYSTÉM.....	6
2.3.1	GRAVITAČNÍ SYSTÉM.....	6
2.3.2	TLAKOVÝ SYSTÉM	6
2.3.3	PODTLAKOVÝ SYSTÉM	7
2.3.4	KOMBINOVANÝ SYSTÉM	7
2.4	DECENTRALIZOVANÝ SYSTÉM	7
2.5	OPĚTOVNÉ VYUŽITÍ ODPADNÍCH VOD.....	9
2.5.1	DOTACE	10
2.5.2	VYUŽITÍ ENERGIE Z ODPADNÍCH VOD.....	11
3	MONITORING	12
3.1	MĚŘENÍ SRÁŽEK.....	12
3.1.1	TYPY SRÁŽKOMĚŘŮ	13
3.2	MĚŘENÍ OBJEMOVÉHO PRŮTOKU	16
3.2.1	LASEROVÉ MĚŘENÍ	16
3.2.2	ULTRAZVUKOVÉ PRŮTOKOMĚRY.....	17
3.2.3	INDIKÁTOROVÁ METODA.....	18
3.3	STANOVENÍ PROVOZNĚ TECHNICKÉHO STAVU	18
3.3.1	STAVEBNĚ TECHNICKÝ STAV	18
3.4	MĚŘENÍ ZÁPACHU	22
3.4.1	OLFAKTOMETRICKÁ METODA.....	22
4	SIMULAČNÍ MODELOVÁNÍ	24
4.1	VÝVOJ SRÁŽKODŮTOKOVÝCH MODELŮ	24
4.2	DRUHY MODELŮ	25
4.2.1	HYDROLOGICKÉ MODEL Y.....	26
4.2.2	HYDRAULICKÉ MODEL Y.....	26

5	ZÁKLADNÍ ŘEŠENÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ ÚKOLY	27
5.1	PRŮZKUM.....	27
5.1.1	HYDRAULICKÉ PRŮZKUMY	27
5.1.2	PRŮZKUMY Z HLEDISKA OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....	28
5.1.3	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PRŮZKUMY	29
5.2	HODNOCENÍ PROVOZUSCHOPNOSTI.....	29
5.2.1	ZJIŠTĚNÍ HYDRAULICKÝCH ZÁVAD	30
5.2.2	ZJIŠTĚNÍ NEPŘÍPUSTNÉHO OVLIVŇOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	30
5.2.3	ZJIŠTĚNÍ STAVEBNÍCH A PROVOZNÍCH ZÁVAD	32
5.3	PŘÍPRAVA PLÁNU NA PROVEDENÍ OPATŘENÍ	32
5.3.1	ŘEŠENÍ HYDRAULICKÉ KAPACITY SÍTĚ	33
5.3.2	ŘEŠENÍ ZÁVAD Z HLEDISKA OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	33
5.3.3	ŘEŠENÍ STAVEBNĚ TECHNICKÝCH ZÁVAD	34
6	STUDIE POSOUZENÍ STOKOVÉ SÍTĚ V OBCI KLADERUBY NAD OSLAVOU	36
6.1	PRŮVODNÍ ZPRÁVA	36
6.1.1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	36
6.1.2	SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ	36
6.1.3	ÚDAJE O ÚZEMÍ	36
6.1.4	SOUČASNÝ SYSTÉM ODVODNĚNÍ	37
6.1.5	PLÁN ROZVOJE VODOVODŮ A KANALIZACÍ ÚZEMÍ KRAJE (PRVKŮK)	39
6.2	TECHNICKÁ ZPRÁVA	41
6.2.1	PRŮZKUM A ZJIŠTĚNÍ ZÁVAD	41
6.2.2	NÁVRH ŘEŠENÍ ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD	48
7	ZÁVĚR	52
8	POUŽITÁ LITERATURA.....	53
9	PŘÍLOHY	57
PŘÍLOHA Č. 1	Výsledky chemického vyšetření vzorků vypouštěné odpadní vody do recipientu	57
PŘÍLOHA Č. 2	Záznamy poruch stokové sítě dle ČSN EN 13508	61
SUMMARY	79	

1 ÚVOD

Společně s rozvojem území a jeho osídlením se do popředí dostává potřeba odvodnění urbanizovaných celků. Městské odvodnění je tedy jednou z hlavních disciplín zajišťujících životní úroveň, komfort a ochranu zdraví obyvatelstva. S postupující urbanizací a nárůstem zpevněných nepropustných ploch ovšem vznikají vyšší nároky na odvodňovací systémy, které jsou v případě vzniku extrémních dešťových událostí vysoce zatěžovány.

Účelem stokových sítí a kanalizačních přípojek je spolehlivé, hospodárné a zdravotně neškodné odvádění odpadních vod z určeného území nebo připojené nemovitosti do zařízení na čištění odpadních vod a posléze do vodního recipientu. Tím stokové sítě a kanalizační přípojky zajišťují ochranu vodního recipientu před znečištěním odpadními vodami (tj. znečištění i srážkovými vodami) z urbanizovaných povodí. [2]

Odvodňovací systémy jsou součástí celkového nadřazeného systému likvidace odpadních vod, který poskytuje služby společnosti. Tyto služby lze stručně popsat jako:

- odstraňování odpadních vod z pozemků z důvodu veřejného zdraví a hygieny;
- ochrana urbanizovaného území před povodněmi;
- ochrana životního prostředí. [2]

Rešerše bakalářské práce se v první části zabývá souvisejícími tématy v oblasti posuzování stokových systémů. Jsou v ní zmíněny způsoby odvodnění urbanizovaného povodí, klasická koncepce a soudobá koncepce integrovaného systému odvodnění. Dále jsou nastíněny možnosti odvodnění centralizovaným a decentralizovaným způsobem. V rámci integrovaného systému odvodnění se práce věnuje nakládání s dešťovými vodami ve smyslu jejich následného využití a současným projektům Ministerstva životního prostředí. První část rešerše se dále zabývá monitorováním a získáváním dat pro sestavení simulačních modelů.

Druhá část rešerše je zaměřena na samotné posuzování stokových systémů, průzkum, hodnocení získaných výsledků z posouzení a přípravu plánu pro řešení zjištěných nedostatků a závad systému.

Cílem praktické části bakalářské práce je aplikování zjištěných znalostí z rešerše a provedení posouzení stokového systému v obci Kladeruby nad Oslavou.

2 SOUDOBÁ KONCEPCE ŘEŠENÍ SYSTÉMŮ ODVODNĚNÍ

Koncepční řešení odvodnění urbanizovaných území je založeno na řadě provázaných aspektů. Tyto aspekty zahrnují např. osídlení, průmysl a zemědělství, dopravu, zeleň, rekreaci atp., proto je třeba na problematiku nahlížet komplexně a řešit odvodnění jako integrovaný systém. [4]

Celkový nadřazený systém likvidace odpadních vod má čtyři na sebe navazující funkce:

- shromažďování odpadních vod;
- odvádění odpadních vod;
- čištění odpadních vod;
- vypouštění odpadních vod.[2]

V současné době je kladen čím dál větší důraz na zachování hospodárnosti při nakládání s odpadními vodami. Hlavní motivací efektivního nakládání s vodami je hned několik:

- udržitelnost a ochrana životního prostředí (recyklace vody, minimalizace produkce odpadních vod);
- předcházení krizovým situacím, způsobených předpokládanými změnami klimatu (zajištění alternativních zdrojů pitné/užitkové vody);
- ekonomické řešení (nakládání s odpadními vodami, cena vody).

2.1 KLASICKÁ KONCEPCE ODVODNĚNÍ

Klasický koncept odvodnění pojednává o úplném napojení území a co nejrychlejším odvedení odpadních vod ze zájmového území, kdy se kladl důraz na zabránění vzniku ohrožení obyvatelstva, škod na majetku a negativní ovlivnění podpovrchové vody. [6]

Klasický přístup byl využíván zejména v 19. a první polovině 20. století, kdy byly budovány zejména jednotné stokové systémy, skrze které byly odváděny jak splaškové, tak i dešťové odpadní vody společně na čistírnu odpadních vod (ČOV). Výhodou tohoto uspořádání je proplachování stoky a uvolnění sedimentů při průtoku, který je navýšen dešťovými vodami. Navzdory této výhodě musí být na stokové síti umístěny konstrukce pro regulaci a odlehčení stoky, jedná se především o odlehčovací komory. Hlavní nevýhodou tohoto uspořádání je znečišťování vody v recipientu v důsledku přímého vypouštění zředěné odpadní vody z odlehčovací komory. Toto řešení se stalo z hygienického hlediska a negativního vlivu na životní prostředí nepřijatelné. [4]

V současnosti se kanalizace u nás provozují ve významném množství na této koncepci, ovšem v řadě případů se snaží provozovatelé při řešení rekonstrukce nebo i výstavby nové stokové soustavy využívat integrovaných řešení odvodnění.

2.2 KONCEPCE INTEGROVANÉHO SYSTÉMU ODVODNĚNÍ

Základní odlišností moderní koncepce odvodnění oproti klasické spočívá v komplexním posouzení vlivu urbanizace na životní prostředí, zohledňuje všechny srážkoodtokové procesy a jejich dopady na povrchové a podzemní vody. Systém městského odvodnění je tedy chápán jako integrovaný kanalizační systém a zahrnuje řešení komplexu vodohospodářských úloh. Tyto úlohy spadají zejména do oblasti zpracování a vyhodnocení srážek, oblasti odtoku po povrchu povodí, proudění vody a jejího transportu, transportu látek stokovou sítí a objekty, oblasti hydrauliky objektů, chemických a biologických procesů na ČOV a oblasti vnosu znečištění do vodních toků (tzv. emisní přístup), resp. vlivu znečištění ve vodních tocích (tzv. imisní přístup). [4]

Třemi nejdůležitějšími komponenty integrovaného kanalizačního systému jsou:

- stoková síť;
- čistírna odpadních vod;
- recipient. [7]

Přijetí integrovaného přístupu, s ohledem na odvodňování povrchu, má kvantitativní a kvalitativní přednosti pro účinky na vodní recipient. Pokud jsou předpokládány nové systémy, má se srážková voda odvádět odděleně od ostatních odpadních vod. Odvádění srážkových vod se má navrhovat podle následujícího pořadí:

- vsakem do vhodného filtračního materiálu;
- přímo do povrchového vodního recipientu;
- do stokového systému a následně do vodního recipientu.[39]

2.2.1 EMISNÍ STRATEGIE

Emisní strategie je založena na dodržení jednotlivých limitů pro vypouštění vod z výústí stokového systému a čistírny odpadních vod bez ohledu na stav recipientu. Emisní limity jsou hodnoty stanovené legislativou nebo rozhodnutím vodoprávního úřadu v závislosti na charakteru odpadních vod, zdali se jedná o odpadní vody průmyslové nebo městské. V případě městských odpadních vod jsou takto limitovány koncentrace BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, NL , $N-NH^{4+}$ a P_{celk} . [6]

2.2.2 IMISNÍ STRATEGIE

Podstata imisní strategie spočívá v dodržení podmínek pro vypouštění vod do recipientu s ohledem na znalost místních poměrů a podmínek v recipientu a znalost širších ekologických souvislostí. Koncentrace ve vodním recipientu při vypouštění odpadních vod by neměly překročit imisní limity ani za nejméně příznivých hydrologických podmínek, tj. při průtoku Q_{355} . Imisní limity nejsou závazné, avšak je jich využíváno při stanovování povolených koncentrací ve vypouštěných odpadních vodách. [6]

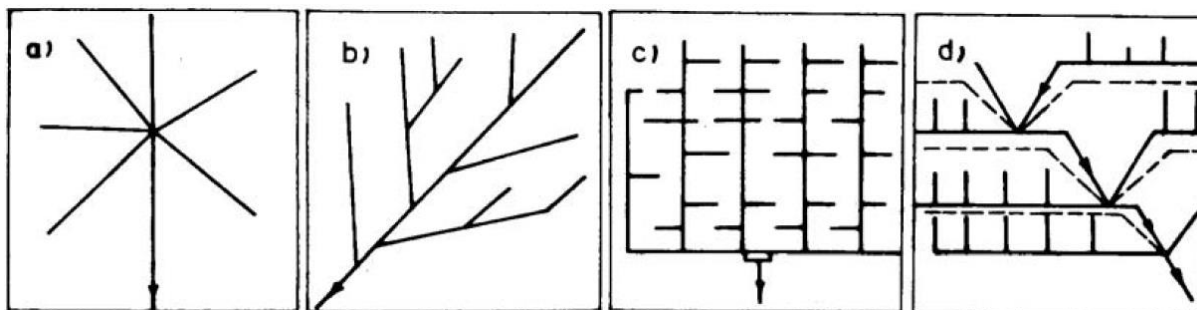
2.3 CENTRALIZOVANÝ SYSTÉM

Systém centralizovaného odkanalizování území je založen na systému gravitačním nebo tlakovém. Při návrhu tohoto stokového systému je třeba dbát zásad uvedených v *normě ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky* a v další legislativě.

2.3.1 GRAVITAČNÍ SYSTÉM

Při gravitačním způsobu jsou odpadní vody odváděny potrubím ve spádu. Odpadní vody jsou do gravitační kanalizace napojeny gravitačními kanalizačními přípojkami, většinou přes malé revizní šachty, které jsou umístěny u hranice pozemku vlastníka nemovitosti. [7]

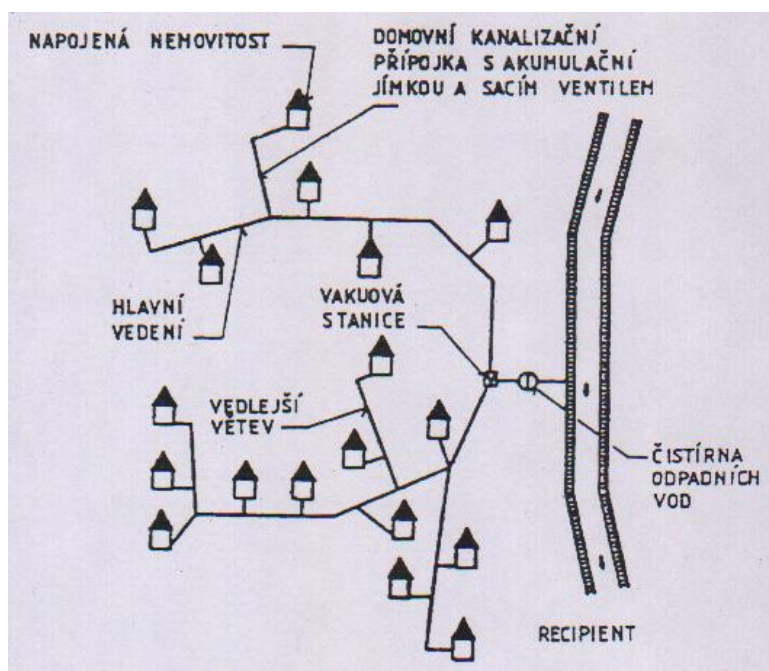
Systém je ekonomicky výhodný a není náročný na obsluhu. Dle tvaru stokové soustavy rozlišujeme uspořádání radiální, větvenné, úchytné a pásmové (obrázek 2.1).



Obrázek 2.1 Systémy uspořádání stokových sítí [6]
Systém uspořádání: a) radiální, b) větvenný, c) úchytný, d) pásmový.

2.3.2 TLAKOVÝ SYSTÉM

Tlaková kanalizace je z alternativních způsobů odvodnění nejrozšířenější. Zejména pro nejnižší cenu. Při tlakovém systému jsou veškeré splaškové vody z jednotlivých nemovitostí gravitačně svedeny do čerpacích šachet či čerpacích stanic, odkud jsou dále do sítě dopravovány čerpadly v tlakovém režimu. Jedno z možných schémat tlakového systému je zobrazeno v obrázku 2.2. [8, 36]



Obrázek 2.2 Schéma tlakové kanalizace [40]

2.3.3 PODTLAKOVÝ SYSTÉM

Tento typ odvodnění využívá podtlaku v potrubí, který je vytvářen vakuovými čerpadly v podtlakových stanicích. Voda není v potrubí vedena jako celkový vodní sloupec, ale po dávkách. Podtlaková soustava se skládá z gravitační přípojky, sběrné šachty, podtlakové části kanalizační přípojky, podtlakové stoky a podtlakové stanice. [9, 36]

2.3.4 KOMBINOVANÝ SYSTÉM

Kombinovaný systém, v zahraničí nazývaný také jako polooddílný, je modifikací jednotného a oddílného stokového systému. Využívá se zejména v místech, kde je příhodné odvodnit část zájmového území pomocí jednotné stokové sítě a zbylou část, většinou okrajovou část území, oddílnou stokovou sítí.

Tento systém slouží hlavně k odvodnění malých obcí. Dešťové vody ze střech, neprašných vozovek a chodníků jsou podstatně méně znečištěné, než dešťové vody ze znečištěných ploch či komunikací s hustým provozem. Méně znečištěné srážkové vody se pomocí tohoto systému odvádějí oddílně, dešťovou stokou. Znečištěnější srážkové odpadní vody putují společně se splaškovými odpadními vodami stokou na ČOV. [9, 36]

2.4 DECENTRALIZOVANÝ SYSTÉM

Mezi moderní způsoby odvodnění urbanizovaného území patří decentralizovaný systém odvodnění. V zahraničí je využíván podstatně delší dobu a ve větším množství než na území České republiky. Nejčastější využití nacházíme v zemích s nedostatkem vody. [8, 36]

Decentralizovaný systém lze v podstatě představit pomocí několika různých dalších alternativ k výše uvedeným centralizovaným systémům odvádění a čištění OV. Decentralizovaný systém může být řešen pomocí bezodtokých jímek (žump), domovních čistíren pro jednotlivou nemovitost (DČOV), nebo čistírny odpadních vod pro několik nemovitostí současně, případně jejich různé kombinace. Obrázek 2.3 znázorňuje řez domovní čistírnou odpadních vod. [7, 36]



Obrázek 2.3 Domovní čistírna odpadních vod [10]

Probíhající jevy: 1 – Denitrifikace, 2 – Aktivace, 3 – Separace, 4 – Řízený odtok

Jedná se tedy o odvodňovací systém, zabývající se znečištěním v místě jeho vzniku nebo v jeho blízkosti. Odpadní vody jsou na rozdíl od centralizovaného systému, kdy se jejich čištění řeší bodově v koncových technologiích před recipientem, čištěny v rámci celého povodí. Systém odděluje vody splaškové a dešťové. Dešťové vody jsou zasakovány či akumulovány v místech dopadu a splaškové vody jsou odvedeny na malé (domovní) čistírny odpadních vod. Malé ČOV jsou však vhodné pouze pro splaškové vody, nikoliv pro vody průmyslové, s jejich využitím se tedy počítá hlavně pro odvodňování menších území, území s malou hustotou osídlení nebo s rozptýlenou zástavbou.

Na našem území se tento způsob začal rozvíjet v roce 2009, kdy vešla v platnost prováděcí vyhláška stavebního zákona 268/2009 Sb. a vyhláška ministerstva pro místní rozvoj 269/2009. Prováděcí vyhláška stavebního zákona 268/2009 Sb. §6 odst. (4) praví, že: „*Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen "srážkové vody"), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod;*

pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.“ Je-li tato vyhláška respektována, pak je možné zmenšit jmenovité světlosti kanalizačních systémů. Odpadní vody nejsou ředěny, zvyšují se hladiny podzemních vod, není nutno budovat odlehčovací komory a zadrženou dešťovou vodu lze použít na závlahu rostlin, práci v domácnostech nebo čištění strojů. Ačkoliv není tento systém v České republice zatím využíván ve velké míře, několik projektů na tomto principu vzniklo a fungují. Jedná se však převážně o jednotlivé objekty, nikoliv o obce jako takové. Srovnání centralizovaného a decentralizovaného systému je znázorněno v tabulce 2.1. [9]

Tabulka 2.1 Srovnání systému centralizovaného s decentralizovaným [9]

Otázka	Centralizovaný systém	Decentralizovaný systém
Náklady na výstavbu	Výstavba kanalizace je ekonomicky náročnější než náklady na výstavbu ČOV.	Náklady na výstavbu jsou nižší.
Výstavba	Území je nutno řešit jako celek v rámci jedné investiční akce.	Není třeba řešit území jako celek. Výstavbu lze realizovat individuálně.
Jakost vyčištěné vody	Díky pravidelným kontrolám provozu a jeho jednoduchém řízení lze dosáhnout větší kvality vyčištěné odpadní vody.	Malé čistírny a DČOV nejsou často správně provozovány a jejich technická kontrola je zanedbávána. Takto vyčištěné odpadní vody jsou stále považovány za vody odpadní, proto může nastat problém s jejich odváděním.
Nakládání se srážkovými vodami	V případě jednotného stokového systému je proces čištění nepříznivě ovlivňován.	Odvádění pomocí retence a zasakování je pro obec přijatelnější.

2.5 OPĚTOVNÉ VYUŽITÍ ODPADNÍCH VOD

Do současného hospodaření s odpadními vodami spadá, jak již bylo zmíněno v kapitole 2, i možnost opětovného využití vody. Zvláštní význam se proto přikládá možnosti recyklace vody, tedy její retenci a řízenému využití (např. využití energie).

Recyklace vody je významnou metodou zejména v oblasti vodohospodářství průmyslu, kde probíhá již po několik desetiletí. Recyklovaná voda je využívána například pro chladicí okruhy a mechanismy, také jako oplachová voda technologie, nebo pro jiné účely. Hlavní výhodou tohoto principu je jeho finanční stránka, snižuje totiž náklady na odběr pitné vody a náklady za vypouštění odpadních vod. [12]

V České Republice je zájem recyklovat rovněž městské odpadní vody a vytvořit tak její alternativní zdroj. Evropská unie již zareagovala vydáním směrnice Rady 98/15/ES z r. 1998

o čištění městských odpadních vod, tj. „...kdykoli je to vhodné, měly by být tyto odpadní vody znovu využity“. [12]

2.5.1 DOTACE

OPERAČNÍ PROGRAM ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ 2014 – 2020

V loňském roce ukončil Státní fond životního prostředí (SFŽP) výzvu k podávání žádostí o poskytnutí podpory v rámci programu reagujícího na požadavky vodního zákona z roku 2010, kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), jehož jedním ze zásadních cílů je řešení otázky srážkových vod. Dle zákona je upřednostňován vsak srážkových vod. Hlavní myšlenkou totiž je co nejrychlejší navrácení vody do oběhu přirozenou cestou a předcházení následkům sucha. Jestliže z důvodu horších geologických poměrů není vsakování srážek možné, je třeba zabývat se akumulací a odvedením srážkové vody, primárně jednotným, stokovým systémem. [13]

Operační program životního prostředí pro hospodaření s dešťovou vodou byl zaměřen na obce do 500 ekvivalentních obyvatel (EO) se zájmem na vytvoření decentralizovaných či semicentrálních systémů. SFŽP nabídl podporu do výše 85 % na projekty pro vybudování například:

- plošných povrchových vsakovacích a retenčních zařízení, doplněných zelení (průlehy, nádrže);
- podzemních vsakovacích a retenčních prostorů, vyplněných štěrkem, či prefabrikáty,
- vsakovacích šachet;
- podzemních retenčních nádrží s regulací odtoku do povrchových vod. [13]

Dalším předmětem podpory byly projekty zaměřené na čištění splaškových vod dle jejich původu, dočišťování odtoku a využití kalů, nebo také znovuvyužití tzv. šedých vod.

Za šedé vody jsou považovány odpadní vody z kuchyní, koupelen a bílých spotřebičů. Jsou charakterizovány malým znečištěním, přestože představují 50 % odpadních vod domácností. [12]

DEŠŤOVKA – MODRÁ ÚSPORÁM

Ministerstvo životního prostředí v dubnu letošního roku vyhlásilo program s pracovním názvem Modrá úsporám a oficiálním názvem Dešťovka, jejímž prostřednictvím má v plánu motivovat a vést občany k hospodaření s dešťovou vodou. Dešťovka je složena z několika dílčích složek, které se zabývají i opatřením na zemědělské a lesní půdě, zejména však městským prostranstvím, kde díky neustále rostoucí urbanizaci pomalu ubývá možnost přirozeného vsaku vody do půdy. Program je primárně zacílen na oblasti trpící nedostatkem pitné vody. [14]

Dešťovka má tři kategorie. Jedna z nich je zacílena také na majitele rodinných a bytových domů, kterým stát slibuje až 50% příspěvek na zřízení plastové podzemní nádrže na dešťovou vodu, čerpadlo a projekt včetně realizace. Dotovány budou nádrže větší než dva tisíce litrů, přesto se předpokládá, že majitelé zvolí objemnější rezervoáry. [14]

Takto akumulovaná voda by měla být dále využívána pro zalévání zahrady, splachování toalety či úklid v domě, čímž by majiteli ušetřila až přes polovinu nákladů na denní spotřebu vody. [14]

Dalšími dvěma kategoriemi Dešťovka cílí na občany, kteří nedostatkem pitné vody netrpí. Tyto kategorie však zahrnují stavební zásahy v domě pro vytvoření nových rozvodů pro tzv. šedou vodu. Dotace pro tyto kategorie se mohou vyšplhat až na trojnásobek částky kategorie výše zmíněné. [14]

2.5.2 VYUŽITÍ ENERGIE Z ODPADNÍCH VOD

Zájem na znovuvyužití tzv. šedých vod má stále rostoucí charakter. Zejména nové větší administrativní budovy nebo hotely jsou už od počátku projektovány se systémem využívání šedých vod. Důvodem jsou především nízké energetické náklady na jejich provoz, využití tepla, kterým vody disponují, nebo zajištění prestiže na základě systému hodnocení budov z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. [11]

Pro tuto problematiku je připravována norma *ČSN 75 6780 Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích*.

3 MONITORING

Celou řadu informací je možné získat pouze na základě výsledků monitoringu. Naměřené údaje jsou nezbytné nejen pro práci se simulačními modely, ale i pro provoz stokových systémů. Vyrovnaná kombinace měření a výpočtů je jednou ze základních podmínek úspěšného řešení problematiky vodního hospodářství za přijatelné náklady. Optimální volbou monitorovací strategie (v souvislosti s možnostmi výpočetních prostředků) lze získat neocenitelné informace pro rychlé a v porovnání s následnými investicemi levné zpracování variantních řešení. [4, 15]

Měření a monitoring dešťů, průtoků, hladin a látkového složení vody ve stokové síti a na ČOV patří k jednomu z finančně a časově nejnáročnějších úkolů spadajících do městského odvodnění. Při řešení městského odvodnění je třeba zohlednit i chemický a biologický stav ve vodních tocích. [15]

Měřené veličiny monitoringu městského odvodnění lze rozdělit do několika základních skupin, které představují například:

- monitoring veličin množství vody (kvantitativních veličin):
 - měření srážek;
 - měření objemových průtoků v kanalizaci, ČOV a ve vodních tocích;
 - měření průběhu hladin v kanalizaci, ČOV a ve vodních tocích; [4]
- monitoring ukazatelů kvality vody:
 - zjištění informací o kvalitě bezdeštného odtoku v kanalizaci, ČOV a recipientu;
 - zjištění informací o kvalitě dešťového odtoku v kanalizaci, ČOV a recipientu; [16]
- monitoring stavebně technického stavu stokového systému;
- monitoring zápachu z hlediska životního prostředí a vlivu na spokojenost obyvatelstva.

3.1 MĚŘENÍ SRÁŽEK

Pro monitoring srážek jsou v dnešní době využívány zejména elektronické srážkoměry s automatickým předáváním naměřených hodnot. Srážkoměrem se rozumí přístroj zaznamenávající srážkový úhrn v závislosti na době trvání, tj. intenzitu srážek.

Srážkoměry jsou umísťovány zejména do míst, která měření neovlivňují. Při umístění srážkoměru se tedy vyvarujeme místům v blízkosti stromů, vysokých budov či jiných překážek. [17]

Množství srážkoměrů ve sledované lokalitě je dán její velikostí a členitostí. Pro zajištění bezpečnosti dat, postižení plošného deště a dostatečné kvality dat je vhodné využít v území

minimálně tři srážkoměrů rozmístěných v trojúhelníkové síti. Doporučený počet srážkoměrů se v literatuře mírně liší, vodítkem pro počet stanic může být také tabulka 3.1. vyjadřující nároky na počet srážkoměrných stanic s ohledem na členitost krajiny. [15]

Tabulka 3.1 Nároky na počet srážkoměrných stanic s ohledem na členitost krajiny [15]

Členitost zájmové lokality	Doporučený počet stanic
Ploché území	1+1 na 4 km ²
Mírně členité území	1+1 na 2 km ²
Členité území	1+1 na 1 km ²

3.1.1 TYPY SRÁŽKOMĚŘŮ

OMBROMETR

Ombrometr (obrázek 3.1) je přístrojem složeným z válce s nálevkou, jejíž prostřednictvím jsou padající srážky sváděny do nádoby uvnitř válce. Srážkový úhrn se poté změří přelitím obsahu této nádoby do kalibrovaného odměrného válce. Ombrometry zachytávající sníh nejsou opatřeny nálevkou. U nás jsou využívány ombrometry se zachytnou plochou 0,05 m².



Obrázek 3.1 Ombrometr MR3H-FC společnosti Meteoservis.

Pohled na ombrometr umístěný v Meteorologické stanici FAST VUT Brno (vlevo). [Velikovská]
Pohled na vnitřní vybavení (vpravo). [41]

OMBROGRAF

Měření pomocí ombrografu je přesnější, protože umožňuje kontinuální měření srážkových úhrnů. Srážky stékají do nádoby s plovákem, na nichž je napojen přístroj k zaznamenávání úhrnu na roli papíru. Takto vytvořený záznam se nazývá ombrogram. Z ombrogramu lze tedy odvodit intenzitu na základě zaznamenaného úhrnu v časový úsek. [39]

ČLUNKOVÝ SRÁŽKOMĚR

Člunkové srážkoměry jsou modernější a přesnější modifikací ombrografů. Zachycená srážka je sváděna na dělený překlápěcí člunek. V případě naplnění poloviny jeho objemu je člunek překlápen. První polovina objemu člunku je vyprázdněna a srážka plní jeho druhou polovinu. Překlopení jsou zaznamenávány. Celkový počet záznamů překlopení určuje srážkový úhrn. Člunkové srážkoměry jsou vyráběny o různé zachytné ploše, např. 200 cm² nebo 500 cm². Obrázek 3.2 poskytuje horní pohled do člunkového srážkoměru. [39]

Při silnějších deštích narůstá riziko chybovosti z důvodu rychlého překlápění člunku, proto k udržení stálých a přesných výsledků je třeba člunkový srážkoměr neustále kalibrovat. Kalibrací je možno zabránit až 25 % chyby měření. [19]



Obrázek 3.2 Člunkový srážkoměr [20]

TOTALIZÁTOR

Pro dlouhodobé měření srážek je možno zvolit totalizátor (obrázek 3.3). Lze jej umístit do těžko přístupných lokalit, kde není možný pravidelný odečet hodnot. Totalizátor je složen z válcové nádoby se speciálním Nipherovým kuzelem pro zabránění vzniku vzdušných vírů, která je uložena na 3-4 m vysokém podstavci. Přístroj měří kapalné i pevné srážky objemově, vázkově nebo chemicky.



Obrázek 3.3 Totalizátor na Sněžníku [21]

DISDROMETR

Disdrometr je laserový srážkoměr tvořený dvěma tubusy postavenými proti sobě (obrázek 3.4). Jeden z nich laserový signál vysílá a druhý signál detekuje. V momentě protnutí laserového signálu padající kapkou, dojde ke změně intenzity laseru, z čehož srážkoměr vyhodnotí srážkový úhrn. Přístroj je schopen rozlišit druh srážky, ať už se jedná o déšť, sníh, mlhu, kroupy atp. Chyba v měření nastává v případě průniku cizího předmětu, hmyzu či prachu signálem. [19]



Obrázek 3.4 Disdrometr [22]

3.2 MĚŘENÍ OBJEMOVÉHO PRŮTOKU

Přesná znalost okamžitého průtočného množství komunálních odpadních vod ve stokových sítích a na čistírnách odpadních vod (ČOV) je z hlediska provozu, látkového zatížení ČOV i látkového zatížení recipientu jedním ze základních provozně-ekonomických ukazatelů systémů odvodnění. Základním znakem monitoringu je jeho systematičnost, komplexnost a kontinuita (pořizovaného záznamu). Výsledky z monitorovací kampaně jsou nezbytným předpokladem správného nastavení parametrů simulačních modelů (kalibrace, verifikace) a poskytují též důležité informace pro provozování stokového systému. [4, 16]

Měrné profily, objekty a přístroje pro měření průtoku (měrné přelivy či žlaby, ultrazvukové průtokoměry atd.) však vyžadují kalibrační měření zohledňující lokální podmínky proudění, které ve většině případů probíhá na základě metody rychlost-plocha (tzv. hydrometrováním). [16]

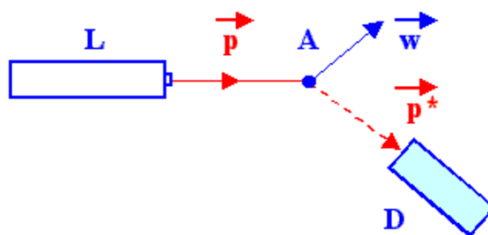
Nejistoty takové kalibrační metody často převyšují nejistoty kalibrovaného měrného objektu. Zdrojem nejistot je lidský faktor, faktické ovlivnění rychlostního pole snímačem (hydrometrickou vrtulí), nerovnoměrnost či nestacionarita proudění, délka měření a samotná přesnost metody stanovení rychlosti. Proto autoři přicházejí s novými postupy neinvazního měření průtoku v otevřených žlabech za využití metod ultrazvukové dopplerovské anemometrie, indikátorové metody s digitálním vyhodnocením vodivosti a metody LSPIV. [3, 16]

3.2.1 LASEROVÉ MĚŘENÍ

V současné době se dostává do popředí měření průtoků stokových systémů pomocí laserové anemometrie, jejíž pomocí lze získat celkové rozložení rychlostí v tekutinách. Metoda je založena na principu Dopplerova jevu, proto se hovoří o tzv. Laser Doppler Anemometer, čili LDP. [23, 24]

LASEROVÝ DOPPLERŮV ANEMOMETR

Princip měření laserovým Dopplerovým anemometrem je založen na měření frekvence monochromatického světla, jehož zdrojem je běžně využíván plynový laser. Měření probíhá na základě průchodu částice pohybující se s proudem laserovým paprskem a jeho rozptýlením. Frekvence světla rozptýleného na částici je unášena jejím pohybem, tj. rychlostí a směrem. Detektor zaznamená vektor rychlosti každé částice, z nichž počítač vygeneruje rychlostní pole. Průběh měření je znázorněn v obrázku 3. 5. [23, 24]



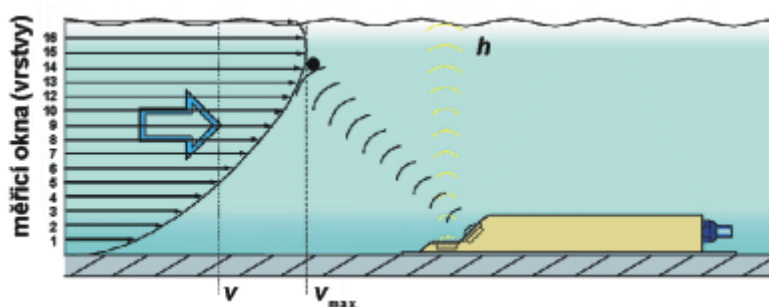
Obrázek 3.5 Optická sestava k pozorování Dopplerova jevu. [23]
L=laser, P=vektor paprsků, A=částice, w=vektor rychlosti částice, D=detektor

3.2.2 ULTRAZVUKOVÉ PRŮTOKOMĚRY

Měření průtoků pomocí ultrazvuku je v současnosti jednou z nejběžnějších metod. Metoda je založena na vyhodnocení změn frekvence ultrazvukového vlnění mezi jeho vysílačem a přijímačem vyvolané proudící tekutinou. Ultrazvukové vlnění je generováno ultrazvukovým měničem, jehož vysílač a přijímač vlnění je umístěn na stěnách potrubí, kterým tekutina proudí. [25]-

KORELAČNÍ ULTRAZVUKOVÉ PRŮTOKOMĚRY

Korelační ultrazvukový průtokoměr využívá k měření průtoku nehomogenity odpadní vody, zejména plovoucích nečistot a pevných částic. Průtokoměry pracují rovněž na principu vysílání vlnění ultrazvukovým měničem a přijímání deformovaného vlnění po průchodu odpadní vodou. Částicí odražený signál generovaný vysílačem je přijímán zpětně na ultrazvukovém měniči přepnutém do přijímacího režimu (obrázek 3.6). Prohledávací cykly probíhají s kmitočtem 250 až 2000 Hz. [25]



Obrázek 3.6 Korelační ultrazvukový průtokoměr [18]

METODA ULTRAZVUKOVÉ ANEMOMETRIE

Využitím citlivých ultrazvukových snímačů rychlosti umístěných ve speciálních boxech naplněných vodou nad volnou hladinou lze stanovit celý vertikální rychlostní profil v proudící kapalině v jediném okamžiku bez fyzického ovlivnění proudění. Metoda ultrazvukové anemometrie je tedy velmi přesná, co se týče prostorového i rychlostního rozlišení. Přesnost metody umožňuje identifikovat horizontální i vertikální složky vektoru rychlosti a zároveň

eliminuje problém zanášení snímačů plovoucími nečistotami. Jednou z hlavních výhod metody je zohlednění fyzikálních vlastností kapaliny, tj. možnost nastavení rychlosti šíření ultrazvuku pro daný typ kapaliny. [16]

Metoda ultrazvukové anemometrie Ultrasonic Velocity Profiling (UPV) se využívá k měření vektorů rychlosti, omezení turbulence a vizualizaci samotného proudění. UPV využívá Dopplerova jevu. Dopplerův jev, jak již bylo zmíněno, popisuje vnímání změny frekvence a vlnové délky přijímaného oproti vysílanému signálu. [16]

3.2.3 INDIKÁTOROVÁ METODA

Indikátorová metoda slouží k měření průtoků pomocí tzv. stopovací látky (tracer). Tracer je přidán do proudu vody, kde dojde k jeho naředění na konkrétní koncentraci vztaženou k hledanému proudu. Hledaný proud je určen ze známé dávky traceru a ředícího poměru. [16]

Tracer je možno zvolit z široké škály stopovacích látek, ovšem látka NaCl má oproti jiným nezastupitelné výhody. V čele těchto výhod stojí její nízká pořizovací cena a snadná dostupnost na trhu. Aplikace NaCl má minimální vlivy na životní prostředí a poskytuje možnost využití in-line analytické techniky s digitálním záznamem a vysokým časovým rozlišením. [16]

Indikátorová metoda je využívána především v těžko dostupných místech, kde není možné využít standartního řešení měření. Hlavní výhodou metody je měření potrubí o neznámé geometrii úseku nebo drsnosti stokové sítě. [16].

3.3 STANOVENÍ PROVOZNĚ TECHNICKÉHO STAVU

Zjištění provozně technického stavu stokového systému je jednou z klíčových znalostí z hlediska provozování stokové sítě z důvodu zajištění a dodržení jejich funkčních požadavků a také k zajištění provozuschopnosti. Vychází z průzkumu stavebně technického, hydraulického a provozního. Vzhledem k tomu, že funkční požadavky se týkají celého stokového systému, je na místě hodnocení provozně technického stavu nejen pro stokovou síť, ale i pro kanalizační přípojky a šachty na stokové síti. [32]

3.3.1 STAVEBNĚ TECHNICKÝ STAV

Posouzení stavebně technického stavu je důležitým vstupním údajem pro plánování obnovy stokové sítě. Poruchy stokových sítí a jejich lokace jsou v průběhu jejich životnosti víceméně nepředvídatelné. V krajních případech může mít porucha podobu havárie. Pro zjištění stavebně technického stavu lze vycházet z vnitřní či vnější inspekce. Dle výběru inspekce je poté zvolen druh použité metody a měřicí přístroj. Seznam a rozřídění jednotlivých metod je uveden v tabulce 3.2 a některými z nich se budeme v následujících kapitolách zabývat. [32]

Tabulka 3.2 Metody pro stanovení stavebně-technického stavu stokové sítě [2, 26]

INSPEKCE	VNĚJŠÍ	VIZUÁLNÍ STAV	PŘÍMO OPTICKY: POCHŮZKA
			NEPŘÍMO OPTICKY: KAMEROVÁ SOUPRAVA
			GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM
	VNITŘNÍ	VIZUÁLNÍ STAV	PŘÍMO OPTICKY: POCHŮZKA
			NEPŘÍMO OPTICKY: KAMEROVÁ SOUPRAVA
		MĚŘENÍ DEFORMACÍ	3D SCANNER
			ECHOLOT-SCANNER
			KALIBROVACÍ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE
		MĚŘENÍ KOROZE	3D SCANNER
			ECHOLOT-SCANNER
			KALIBROVACÍ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE
		STAV STĚN TRUB	GEORADAR
			SONAR
		ODCHYLKA POLOHY	INKLINOMETR
			HADICOVÁ VODOVÁHA
			LASER

VIZUÁLNÍ STAV

Nejrozšířenějším způsobem monitorování stokových sítí je vizuální prohlídka. V případě průlezných profilů stokové sítě není třeba využívat zvláštní techniky. Naopak k vizuálnímu zkoumání stavebně technického stavu neprůlezných profilů stokové sítě je třeba využít inspekčního systému. Z nejpoužívanějších inspekčních systémů je třeba zmínit alespoň šachtové kamery, kamerové vozíky a inspekční vozy.

ŠACHTOVÉ KAMERY

Šachtové kamery jsou přenosná zařízení pro tvorbu kamerového záznamu složená z kamerové hlavy s LED osvětlením a optickým zoomem pro dosah záznamu až 45 m. Tato souprava (obrázek 3.7) je umístěna na teleskopické tyči s pozorovacím monitorem a ovládáním na jejím druhém konci (obrázek 3.8). Jednou z hlavních výhod šachtové kamery je pozbývání nutnosti vyčištění stoky.



Obrázek 3.7 Náhled do šachty při pořizování záznamu šachtovou kamerou [27]



Obrázek 3.8 Monitoring kanalizace šachtovou kamerou [Velikovská]

INSPEKČNÍ VOZY

Pro zdokumentování stavebně technického stávajícího stavu stokové sítě se využívá také monitoringu pomocí inspekčních vozů. Před umístěním kamery do stoky je nutno trubní síť vyčistit a zbavit nečistot a nánosů, případně pevných překážek zasahujících do profilu. Kamera je ovládána operátorem ve vozidle, kde jsou automaticky počítačem vyhodnocovány deformace dle *ČSN EN 13508 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí*

a *kanalizačních přípojek*. Monitorování pomocí inspekčních vozů disponuje svou vysokou rychlostí, proto odpadá potřeba dlouhé odstávky potrubí.

Inspekční vozy mohou být dvojího typu, takzvané kamerové vozíky a inspekční vozy zjišťující technický stav šachty.

Kamerové vozíky (obrázek 3.9) jsou využívány zejména pro náhledy do kanalizací, ale také kanalizačních přípojek, díky své schopnosti pohybu a plného natočení kamery vybavené zoomem a LED osvětlením. Kamerový vozík je napojen na počítač, skrze který jej obsluha může ovládat a kontrolovat na monitoru.



Obrázek 3.9 Kamerový vozík [Velikovská]

Dalšími zastupiteli inspekčních vozů jsou kamery snímající stavebně technický stav kanalizačních šachet. Stejně jako kamerové vozíky jsou ovládány z inspekčního vozu, kdy se ukotví na vstup do šachty a při spouštění a vytahování pomocí navijáku snímá stav šachty.

MĚŘENÍ DEFORMACÍ

Při stanovování stavebně-technického stavu stokové sítě je dále značný důraz přikládán na měření deformací stokového systému. Deformace se klasifikují dle ČSN EN 13508 a díky jejich znalostem je možno zefektivnit údržbu systému, případně navrhnout jeho vhodnou sanační úpravu, a tím zajistit nejlepší možné hydraulické vlastnosti.

K měření deformací se v současné době nejčastěji využívá 3D scanner, echolot scanner a kalibrovací měřicí přístroje. [32]

3.4 MĚŘENÍ ZÁPACHU

Pro provoz stokového systému je důležitý i vliv na obyvatelstvo a jeho vnímání. Při anaerobním prostředí ve stokovém systému a nezajištění vyhovujících spádových a odtokových poměrů začnou odpadní vody vyhnívat. Z této odpadní vody je uvolňován sirovodík (jinak sulfan, H_2S), který je svým charakteristickým zápachem v jisté míře obtěžující.

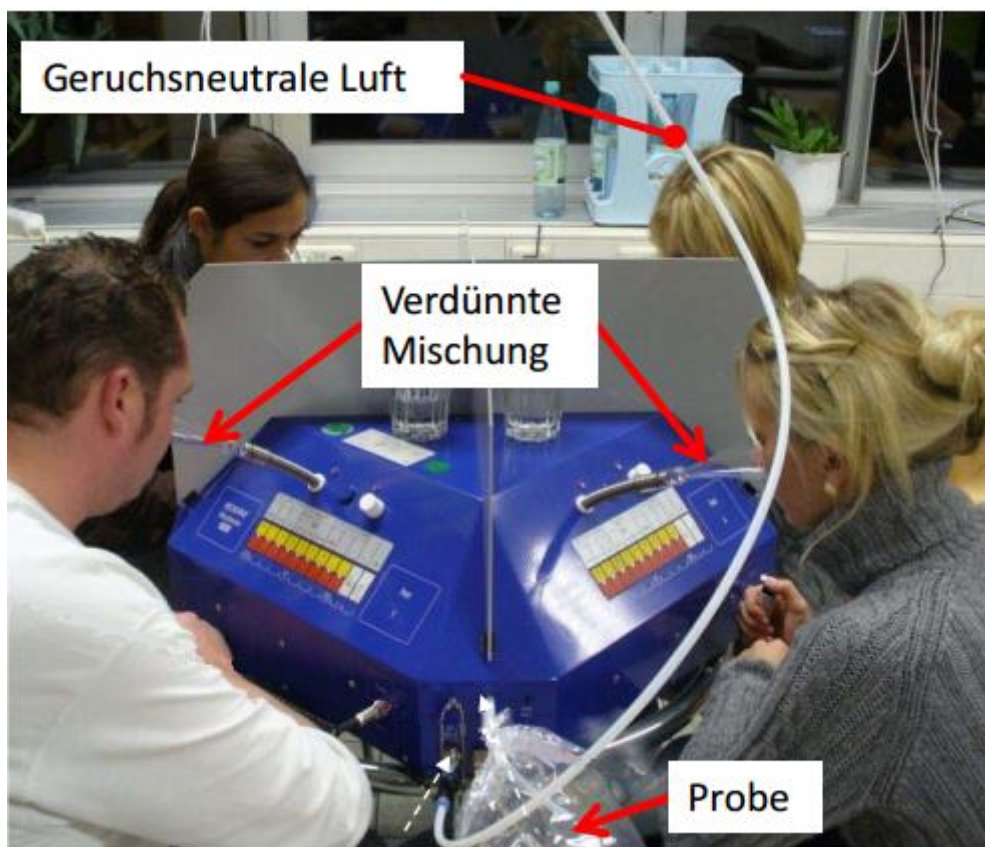
Měření zápachu je u nás v současné době ne tolik běžné, jako například v Německu, přesto je této problematice věnována stále větší a větší pozornost.

K měření emisí pachových látek se využívá Olafktometru, přičemž vzorky odpadních plynů jsou odebírány přímo u zdroje (na výusti) do vzorkovacích vaků. Odebírané vzorky jsou obvykle o objemu 5 – 50 l. U jednotlivých zdrojů je nutno odebrat minimálně tři vzorky. [28]

Dalšími metodami pro měření pachů mohou být například metoda statistického zjišťování a metoda hodnocení obtěžování zápachem, kdy je vybraná skupina obyvatel opakovaně dotazována na své pocity při vnímání pachu nebo měření v pachové stopě (dle ČSN 83 5031 *Stanovení pachových látek ve venkovním ovzduší terénním průzkumem*), založená na přivedení vybraných posuzovatelů na stanoviště, kde po dobu stanoveného intervalu hodnotí kvalitu vdechovaného ovzduší. [28, 29]

3.4.1 OLFAKTOMETRICKÁ METODA

Olfaktometr (obrázek 3.10) je přístroj opatřený dvěma až čtyřmi čichovými trubičkami pro stejný počet vybraných vyškolených posuzovatelů, vyšetřených ORL lékařem pro věrohodnost výsledků. Posuzovatelé musí splnit předpisy stanovené normou EN 13725. Trubičkami je skupině předkládán odebraný vzorek vzduchu s pachovými látkami zředěný na základě předem stanoveného poměru se syntetickým vzduchem či medicínálním kyslíkem. Poměry ředění vzorku jsou různě stupňovány nebo předkládány v náhodném pořadí. Posuzovatelé na základě individuálních vjemů hodnotí, zda jim jednotlivé vzorky zapáchají, či nikoliv. Takto se stanoví práh zápachu, což je koncentrace vonné látky ve vzduchu, nad kterou je čichový vjem spuštěn. Prahové hodnoty jsou odlišné pro různé specifické látky. [30]



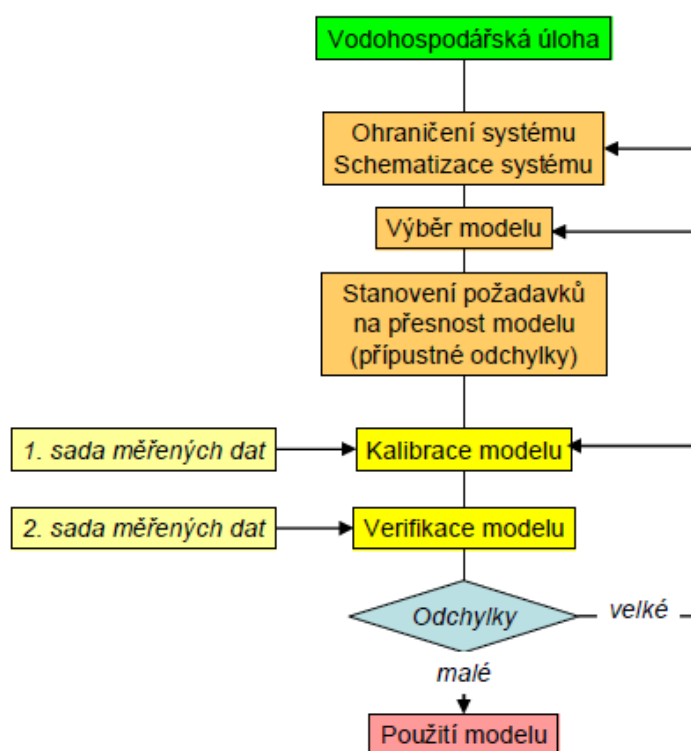
Obrázek 3.10 Měření zápachu pomocí Olfaktometru.
(Geruchsneutrale Luft = vzduch bez zápachu, Verdünnte Mischung = zředěný vzduch, Probe = vzorek)
[31]

4 SIMULAČNÍ MODELOVÁNÍ

Pro řešení vodohospodářských úloh je využíváno simulačních srážkoodtokových modelů sestavených na základě vstupních dat pořízených monitoringem, na povodí srážky a v měrných profilech stokové sítě průtoky a hladiny.

Simulační model je potřeba sestavit tak, aby v rámci nejlepších možných technologií generoval co nejpřesnější hydraulické výpočty, které budou zároveň schopny prokázat plnění všech požadavků, kladených na danou řešenou stokovou síť. Kladenými požadavky jsou nejčastěji dostatečná hydraulická kapacita stok, jejich provozní spolehlivost a bezpečnost a v neposlední řadě také ochrana recipientu a bilance srážkoodtokového odtoku z povodí. S ohledem na cíle generelu odvodnění lze doplnit model i o složení odpadních vod ve stokách a složení vody recipientu z pohledu emisního i imisního, či kombinovaného. [39]

Celkový postup simulačního modelování lze shrnout do následujícího schématu (obrázek 4.1).



Obrázek 4.1 Postup při simulačním modelování [4]

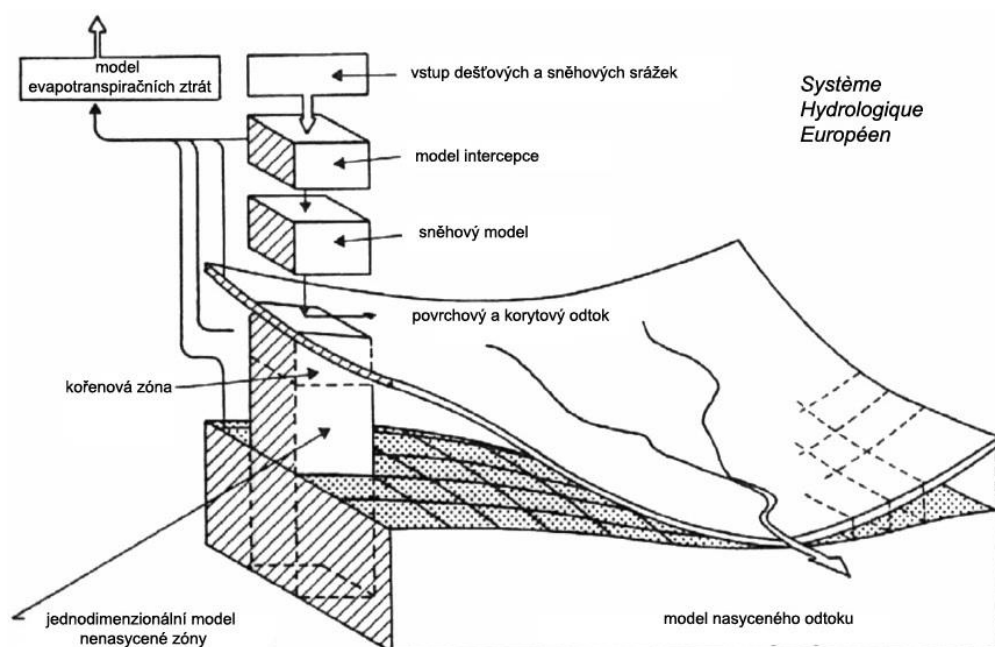
4.1 VÝVOJ SRÁŽKOOTOKOVÝCH MODELŮ

Historie srážkoodtokového modelování sahá do druhé poloviny 19. století, kdy Mulvaney představil v roce 1851 racionální metodu v návaznosti na nutnost vybudování městské kanalizace, rekultivaci odvodňovacích systémů a projektování nádrží. Znalost tohoto modelu vedla ke stanovení kapacit zařízení. [33, 34]

V první polovině 20. století uvedl Sherman koncept jednotkového hydrogramu, který se stal na více než 25 let jedním ze základních nástrojů hydrologické praxe. Jednotkový hydrogram, tzv. unigraph, využívá principu superpozice a časové variace.[33, 34]

Revolučním bodem v hydrologickém modelování bylo v 60. letech vytvoření konceptuálního počítačového modelu Standfordskou univerzitou, modelu SWMM. Model SWMM integruje matematický popis srážkoodtokového modelu. [33, 34]

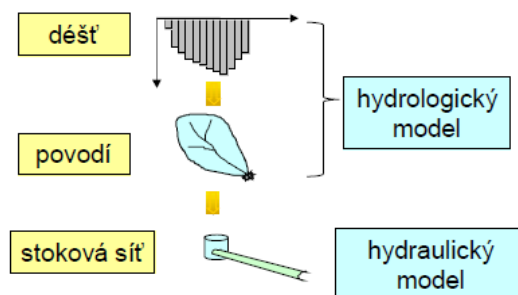
Koncem 60. let se začal vyvíjet první fyzikálně založený koncept srážkoodtokového modelu, který vedl k vytvoření modelu SHE (Système Hydrologique Européen) později rozvětveného na samostatné stojící programy MIKE SHE a SHETRAN. Model SHE byl vytvořen roku 1986, jeho původní struktura je znázorněna v obrázku 4.2. Tyto fyzikálně založené modely umožňují v reálném čase odhadnout srážkoodtokové události. [33, 34]



Obrázek 4.2 Struktura modelu SHE [34]

4.2 DRUHY MODELŮ

Rozlišujeme dva základní druhy modelů, hydrologický a hydraulický, které jsou řešeny simulačními srážkoodtokovými modely. Pro nestacionární, časově proměnný, povrchový odtok v povodí se využívá modelu hydrologického a pro odtok ve stokové síti modelu hydraulického. V případě potřeby mohou být modely odtoku doplněny o modely transportu, případně transformace znečištění. Na obrázku 4.3 je jednoduše znázorněno rozdělení simulačního srážkoodtokového procesu na hydraulický a hydrologický model. [4]



Obrázek 4.3 Rozdělení srážkoodtokového procesu do hydrologického a hydraulického modelu [4]

4.2.1 HYDROLOGICKÉ MODELÝ

Hydrologická část simulačního modelu srážkoodtokového procesu se zaměřuje na množství vody odvedeného z povodí a způsobem zajištění odtoku k zájmovému profilu. Hydraulický model je tedy založen na tvorbě povrchového odtoku nebo také vytvoření efektivního deště uvažujícího ztráty srážek v povodí při odtoku. Dále je hydraulický model zaměřen na tzv. koncentraci povrchového odtoku a to převedením efektivního deště na odtokový hydrogram. [39]

4.2.2 HYDRAULICKÉ MODELÝ

Hydraulických modelů je využíváno zejména při modelování odtoku stokové sítě. Tyto modely jsou podloženy fyzikálními výpočty, ku příkladu rovnicí De Saint Venanta, jež umožňuje simulovat tlakové proudění, vytékání vody na terén, dokonce i vliv zpětného vzduší v potrubí. [4]

Simulační hydraulický model je nutno kalibrovat a verifikovat. Vstupují do něj technické parametry stokové sítě, např. tvar průřezu, drsnost potrubí, materiál, délky úseků kanalizace mezi šachtami, kanalizační šachty, sklony potrubí, atp. V rámci kalibrace a verifikace jsou srovnávány hodnoty průtoků, rychlosti a plnění průřezu ve stokové síti s hodnotami naměřenými srážkoměry, jedná se tedy o reálné deště. Hodnoty zpravidla nejsou shodné. Na základě rozdílu hodnot je simulováno přiměřené množství zatěžovacích stavů pro dosažení dostatečně malé chyby, jejíž hodnota byla před simulováním stanovena. [39]

5 ZÁKLADNÍ ŘEŠENÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ ÚKOLY

Jak již bylo řečeno v kapitole 2.2 *Koncepce integrovaného systému odvodnění*, pro moderní řešení odvodnění v urbanizovaných oblastech se využívá komplexního pohledu na výsledky řešení vodohospodářských úloh a jejich zakomponování do simulačního modelu.

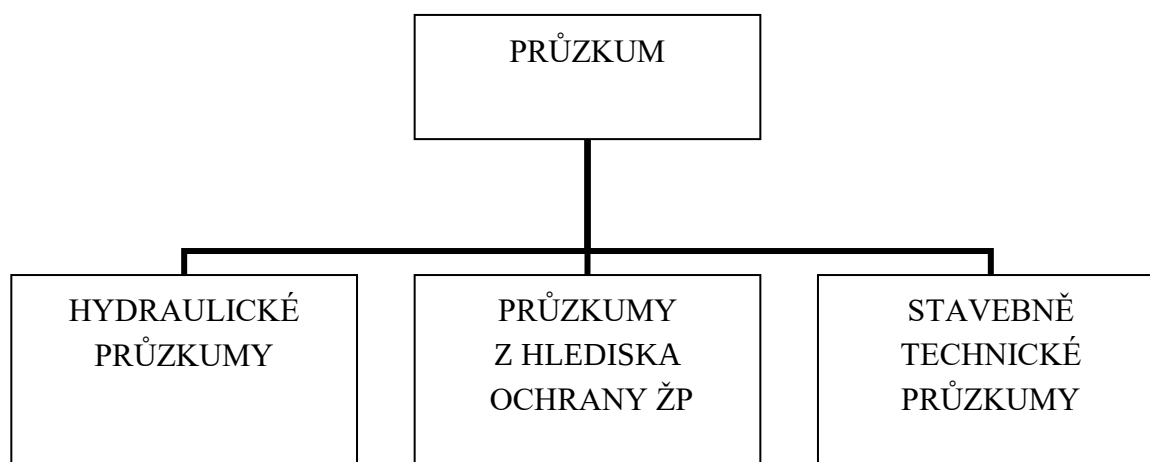
Řešení odvodnění lokality pomocí metody integrovaného systému stojí dle ČSN EN 752 *Odvodňovací systémy vně budov* na čtyřech postupných krocích:

- přezkoumání všech hledisek provozuschopnosti odvodňovacího systému v přiměřeném rozsahu;
- hodnocení provozuschopnosti srovnáním s požadavky na ni kladenými, včetně zjištění příčin závad ve funkci a provozu;
- příprava plánu na provedení opatření;
- provedení plánu.

5.1 PRŮZKUM

První krok při řešení odvodnění je průzkum stávajícího stokového systému. Pro přezkoumání provozuschopnosti je třeba stanovit účel průzkumů, stanovit jejich rozsah, ověřit stávající informace o systému a lze jej rozdělit na základě následujícího schématu v tabulce 5.1 dle ČSN EN 752 do tří pilířů:

Tabulka 5.1 Schématické rozdělení prováděných průzkumů na stokových sítích [2]



5.1.1 HYDRAULICKÉ PRŮZKUMY

Pro hodnocení provozuschopnosti systému odvodnění slouží, mimo jiné, klíčové ukazatele zjištěné hydraulickými průzkumy, které jsou následně využity jako vstupní data pro simulační hydraulický model. Na základě průzkumů jsou stanovovány průtoky a to zejména:

- bezdeštný průtok;
- průtok za deště;

- infiltrace;
- přítok spárami u zakrytí šachet;
- exfiltrace, aj. [2]

Měření průtoků je prováděno pomocí měřících přístrojů a metod. Některé z těchto metod jsou blíže popsány v kapitole 3.2. *Měření objemového průtoku*.

Hydraulické průzkumy a jejich kalibrace a verifikace jsou blíže rozebrány v kapitole 4.2.2 *Hydraulické modely*.

Klíčovým ukazatelem při hydraulickém průzkumu je zejména četnost překročení kapacitního průtoku Q_{kap} a četnost povodňových stavů. Kapacitní průtok lze definovat jako proudění o volné hladině těsně před úplným zaplněním průřezu stokového systému. V případě úplného zatopení průřezu již nehovoříme o proudění o volné hladině, nýbrž o tlakovém proudění. Při dosažení tlakového proudění ve stokové síti, je tento systém chápán jako hydraulicky přetížený a je třeba mu věnovat zvýšenou pozornost z důvodu zamezení vzniku povodňových stavů. Nárůstem průtokového množství totiž dochází k naplnění dalších objektů, např. šachet, spojných komor, atp. a následný únik odpadních vod ze systému. Dochází k povodňovému stavu v systému. Za povodňový stav je považováno vystoupání hladiny odpadních vod na povrch, ale také, v případě absence zpětných klapků na domovních přípojkách, zatopení podzemních částí budov. Při povodňových stavech dochází ke škodám na majetku a zdravotnímu ohrožení obyvatelstva. [2, 4]

5.1.2 PRŮZKUMY Z HLEDISKA OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Důležitým aspektem pro správné fungování integrovaného odvodnění je optimalizace environmentálního stavu systému. Zohledňován je především zatěžovaný recipient z pohledu jakosti vody a hydrologického režimu toku a také celkový dojem obyvatelstva.

Povrchový vodní recipient lze ovlivnit pouze v rámci zajištění odpovídajících požadavků stanovených národními či místními předpisy. Požadavky na odvodňovací systém dělíme do dvou strategií, tedy emisní a imisní, jež jsou definovány v kapitolách 2.2.1. *Emisní strategie* a 2.2.2. *Imisní strategie*. [2]

Průzkumy emisní strategie jsou prováděny většinou v měrných objektech stokového systému vhodnými průtokoměry a indikátory koncentrací obsažených látek ve vypouštěné odpadní vodě. Imisní požadavky a hodnoty koncentrací stanovuje správce vodního toku.

V rámci ochrany životního prostředí je zájmem udržet spokojenost obyvatelstva, tudíž zamezit vizuálnímu obtěžování a také pronikání zápachu způsobeného únikem H_2S do ovzduší v nepříjemné míře. Pro měření H_2S v ovzduší se využívá Olfaktometru, blíže zmíněného v kapitole 3.4. *Měření zápachu*. Pro průzkum zdrojů pachů je vhodné odebírat vzorky dle EN 15259 *Kvalita ovzduší - Měření emisí ze stacionárních zdrojů - Požadavky na měřicí úseky, stanoviště, cíl měření, plán měření a protokol o měření*. Odebrané vzorky

by měly být dle *EN 13725* zkoumány do 16 hodin po odebrání. V Německu je tato doba zpřísněna na základě *VDI 3880* (Virtual desktop infrastructure) na 6 hodin skladování vzorku po jeho odebrání pro zamezení změn koncentrací zápachu. [31]

5.1.3 STAVEBNĚ TECHNICKÉ PRŮZKUMY

Při zjišťování stavebně technického stavu je nutno věnovat pozornost stáří materiálu, umístění infrastruktury, geotechnickým poměrům a náchylnosti trub na poškození.

Průzkum se zabývá klíčovými ukazateli, jako například:

- nepřípustnou tvorbou trhlin;
- deformacemi potrubí;
- posuny spojů potrubí, odchylkami polohy spojů;
- připojením kanalizační přípojky;
- vrůstáním kořenů;
- poklesem a sedáním potrubí;
- poškozením šachet;
- sedimenty;
- infiltrací a exfiltrací;
- mechanickým poškozením a korozí materiálu;
- jinými překážkami a škůdci. [2]

Poruchy stokových systémů mohou být způsobeny různými vlivy, jako je již zmíněné stáří materiálu, dále změnou vlastností transportovaného média (zejména zvýšením agresivity), účinkem tlakového působení média, použitím nekvalitního stavebního materiálu nebo jeho nekvalitním zpracováním, či vnějšími vlivy. Za vnější vlivy lze považovat například vznik bludných proudů nebo zvýšení vnějších tlaků změnou dopravní infrastruktury. [4]

Stavebně technické průzkumy jsou prováděny pomocí metod a přístrojů zmíněných v kapitole 3.3.1. *Stavebně technický stav.*

5.2 HODNOCENÍ PROVOZUSCHOPNOSTI

Při posuzování stokové sítě pomocí simulačního modelování je možno vypracovat i číselné hodnoty některých klíčových ukazatelů. Na základě těchto hodnot lze objektivněji ohodnotit zájmový systém a to porovnáním s náležitými cílovými hodnotami. Pomocí klíčových hodnot lze snadno porovnat variantní řešení či navržená technická opatření. [4]

5.2.1 ZJIŠTĚNÍ HYDRAULICKÝCH ZÁVAD

Posouzení hydraulických vlastností systémů lze sestavit na základě výsledků hydraulických průzkumů, zkoušek či pomocí srážkoodtokového simulačního modelování.

K hodnocení hydraulické účinnosti je využíváno kapacitního průtoku. Kapacitní průtok je limitován národními a lokálními předpisy pro četnost výskytu a maximální výšky hladin, zohledňujícími možnost zpětného vzdutí v síti. Četnost povodňových stavů je založena na odhadu možných rizik poškození majetku či ohrožení zdraví osob. Doporučené hodnoty překročení četnosti dle ČSN EN 752 jsou znázorněny v tabulce 5.2. [2, 4]

Tabulka 5.2 Doporučené hodnoty klíčových ukazatelů z hlediska hydrauliky [4]

Klíčový ukazatel		Doporučená hodnota [1x za n let]
Četnost překročení Q _{kap}		n=20 let
Četnost povodňových stavů	neurbaniz. území	n=10 let
	urbaniz. území	n=20 let
	centrum, průmysl	n=30 let

5.2.2 ZJIŠTĚNÍ NEPŘÍPUSTNÉHO OVLIVŇOVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

RECIPIENT

Hodnoty emisních klíčových ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod jsou definovány v *Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. Pro vypouštění městské odpadní vody přímo do recipientu jsou limitní hodnoty stanovené rozhodnutím vydaným správou vodního toku. Pro městské odpadní vody vypouštěné z komunálních ČOV jsou v tabulce 5.3 tímto nařízením vlády stanoveny limity v mg/l. [35]

Zájmem emisní strategie je v případě odvodnění poměr ředění odpadních vod v odlehčovacích komorách na síti a intenzita mezního deště. Dle ČSN EN 752 jsou doporučeny hodnota $m = 5 - 8$ pro poměr ředění 1 : m a hodnota intenzity mezního deště na 10 – 30 l/s/ha. [2]

**Tabulka 5.3 Emisní standardy ukazatelů [mg/l] přípustného znečištění odpadních vod
dle NV č. 401/2015 Sb. [35]**

Kategorie ČOV (EO) nebo velikost aglomerace	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk}		P _{celk}	
	mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l		mg/l	
	p	m	p	m	p	m	prům.	m	prům.	m	prům.	m
<500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2001 - 10000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10001 - 100000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Poznámka "p" - přípustné koncentrace, "m" - nepřekročitelné koncentrace, „prům“ – aritmetický průměr za kalendářní rok

ZÁPACH

Emisní limity pro klíčový ukazatel míry obtěžování zápachem stanovuje Vyhláška Ministerstva životního prostředí 356/2002 Sb. ze dne 11. července 2002, kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování. Přípustná míra obtěžování zápachem je překročena, jestliže více než 5 % sledovaného obyvatelstva žijícího ve městě vnímá zápach jako obtěžující. [28]

Hodnota zápachu je měřena v poměrových jednotkách ppm (parts per million), tj. počet molekul zápachu vztažených k milionu molekul vzduchu.

V Německu se k vyjádření hodnoty zápachu, např. výskytu H₂S, využívá takzvaný GeruchsEmissionsPotenzial (GEP), tedy emisní potenciál zápachu, jehož jednotkou je GE_E/m³. Vztah mezi jednotkou ppm a GEP lze přibližně definovat jako 1 ppm ≈ 1000 GE_E/m³. [31]

Sirovodík, H₂S, se hromadí ve stokové síti při vyhánění odpadních vod za nepřístupu vzduchu, v anaerobním prostředí. Látkovou výměnou H₂S bakterií Thiobacillus, které se běžně vyskytují na stěnách kanalizačních systémů, vzniká H₂SO₄ ve stoce. Vyskytující se H₂SO₄ ve stoce zhotovené z betonu působí na konstrukci destruktivně. Jedná se o narušení stavebně technického stavu stokového systému biogenní síranovou korozi. Tento jev začíná

probíhat již při naměřených koncentracích 0,5 – 1,0 ppm H₂S v plynu produkovaném stokovým systémem.

Dle VDI 3882 lze kategorizovat hodnoty zápachu do sedmi kategorií:

Tabulka 5.4 Kategorizace intenzity zápachu [30]

Hladina intenzity	Zápach
6	Extrémně silný
5	Velmi silný
4	Silný
3	Zřejmý
2	Slabý
1	Velmi slabý
0	Nerozeznatelný

5.2.3 ZJIŠTĚNÍ STAVEBNÍCH A PROVOZNÍCH ZÁVAD

Každá průzkumem zjištěná závada je zaznamenána za použití kódu dle ČSN EN 13508.

Pro zařazení technického stavu potrubí a určení nutné potřeby provedení sanace potrubí lze využít kategorie K1 – K5 dle *Metodiky hodnocení technického stavu kanalizační sítě*. Kategorie:

- K1 popisuje velmi dobrý stav kanalizační sítě, obvykle se jedná o nově vybudované systémy;
- K2 definuje stav dobrý, jedná se o systémy s nízkou mírou opotřebení, jež není nutné v blízké době rekonstruovat;
- K3 hodnotí systém s průměrnými hodnotami příslušného ukazatele jako vyhovující, systém nevyžaduje okamžitou rekonstrukci, přestože ji v blízké budoucnosti lze předpokládat;
- K4 zařadí kritický stav sítě, jehož rekonstrukce by měla být realizovaná nebo minimálně plánovaná;
- K5 charakterizuje nevyhovující stav, nefunkční nebo nežádoucí, který je nutno okamžitě rekonstruovat. [37]

5.3 PŘÍPRAVA PLÁNU NA PROVEDENÍ OPATŘENÍ

Nevyhovují-li hodnoty získané průzkumem standardům, je třeba sestavit plán pro optimalizaci provozu.

5.3.1 ŘEŠENÍ HYDRAULICKÉ KAPACITY SÍTĚ

Vlivem stupně urbanizace a s ní spjatým růstem podílu nepropustných ploch je snížena přirozená schopnost retence území a urychlen povrchový odtok a odtok stokovým systémem. Zároveň je snížena přirozená infiltrace a s ní související dotace podzemních vod. Také je třeba uvažovat snížení úrovně evapotranspirace, která probíhá za přirozených podmínek i v rámci vsaku, zatímco ze zpevněných nepropustných ploch z území probíhá pouze před úplným odtokem stokovým systémem. [4]

Při tvoření plánu na provedení opatření je třeba přihlédnout na možnost zasakování, která je podpírána ve stavebním zákoně č. 268/2009 Sb., jak již bylo zmíněno v kapitole 2.4. *Decentralizovaný systém*, či zajištěním retence srážkové vody pro pozdější využití, pro kterou byl vytvořen dotační program Dešťovka (viz. kapitola 2.5.1. *Dotace*).

Další možností zabránění povodňovým stavům je zvýšení kapacity systému. Kapacitu systému lze zvýšit sanací stokové sítě (definováno v kap. 5.3.3. *Řešení stavebně technických závad*) v rámci jednoho z následujících koncepčních řešení:

- vybudování nové stoky ve stávající;
- vybudování nové stoky v souběhu se stokou stávající;
 - úplným zrušením původního systému;
 - zdvojením stokového systému;
 - využitím stávajícího systému pro retenci;
 - změnou stokového systému z jednotného na oddílný. [26]

5.3.2 ŘEŠENÍ ZÁVAD Z HLEDISKA OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

RECIPIENT

V případě nevyhovujících koncentrací znečištění ve vypouštěných odpadních vodách do recipientu je záhodno omezit vypouštění škodlivých látek a uvažovat o zvýšení účinnosti ČOV zvýšením její kapacity, popř. zlepšení retence pevných látek nebo čištěním povrchových vod různými separátory či zachycením v retenčních nádržích.

ZÁPACH

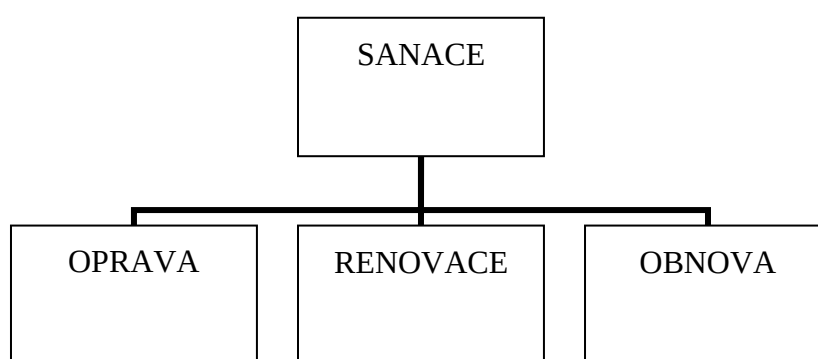
Snížení obsahu nepříjemných pachů, H_2S , v ovzduší lze dosáhnout zlepšením odtokových vlastností v systému. Zejména pomocí zajištění dostatečných sklonů potrubí a zlepšením provozního stavu stokové sítě. Těmito opatřeními je snížena akumulace odpadní vody v objektech systému, což zamezí zahnívání odpadní vody při anaerobních podmínkách a tvorbě H_2S .

V místech, kde nelze zkrátit dobu zdržení, odpadní vody se využívá srážení či chemické oxidace pomocí kapslí, přičemž je třeba zohlednit působení chemikálií na životní prostředí. [2, 31]

5.3.3 ŘEŠENÍ STAVEBNĚ TECHNICKÝCH ZÁVAD

Na základě zatřídění stokového systému do kategorie K1 – K5 je stanovena nutnost a časové vymezení realizace plánu na řešení stavebně technických závad v systému.

Řešení stavebně technických závad spadá do procesu sanace, jež dle ČSN EN 752 zahrnuje veškerá opatření ke znovuobnovení nebo zlepšení stávajících systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Metody sanace lze rozdělit do tří skupin viz obrázek 5.2.



Obrázek 5.1 Rozdělení sanačních metod dle ČSN EN 752 [2]

OPRAVA

Opravou je dle ČSN EN 752 chápáno opatření vedoucí k odstranění místních závad.

Oprava může být provedena pomocí znovuobnovení části úseku potrubí, jež nevyhovuje požadavkům na bezpečné odvedení odpadní vody z území. [26] V tomto případě se jedná o úsek s poruchou označenou např. kódem BAC pro rozlomení/destrukce stok a kanalizačních přípojek, a jiných.

Dále mohou být opravy prováděny injektáží betonové suspenze nebo utěšňováním povrchovými nátěry, aby bylo docíleno zvýšení odolnosti proti infiltraci a exfiltraci. Povrchové ochranné nátěry mohou být prováděny:

- hydrofobními roztoky, jež se vsáknou do ošetřovaného povrchu a zabraňují průniku vody do konstrukce;
- impregnací, zpevňující povrch betonových trup a díky struktuře brání průniku tekutin do konstrukce;
- tenkovrstvou či vícevrstvou metodou. [26]

RENOVACE

Renovace je dle ČSN EN 752 definována jako opatření ke zlepšení stávajících funkčních a provozních vlastností stok a kanalizačních přípojek při úplném nebo částečném zachování jejich původní konstrukce.

Renovace jsou převážně prováděny bezvýkopovými technologiemi. Metody renovace lze na základě způsobu vyhotovení rozdělit na metody utěšňovací, využívající se zejména k řešení lokálního porušení, a metody vystýlací, jež se vyznačují zapravením povrchu úseku většího rozsahu, kde by utěšňování poruch bylo příliš finančně náročné. [26]

Z metod utěšňovacích lze zmínit např. metodu SUPERSILIC, využívající směs vodního skla a chloridu křemičitého SiCl_4 , nebo také metodu Superaqua, která využívá směs vodního skla se silikonovým polymerem. Reakcí složek směsí dochází k jejich vytvrdnutí a vzniklá hmota se stává vodotěsnou. [26]

Vystýlacích metod je na trhu široké spektrum. Metody lze rozdělit na výstelky potrubím a výstelky z prefabrikátů. Výstelky potrubím zajišťují zvýšení stability, na druhou stranu dochází ke snížení hydraulické kapacity potrubí. Potrubí může být do renovovaného úseku vtahováno jako dočasně zmenšené nebo deformované (např. metodou U-liner) nebo zatahováno krátkými troubami (např. metodou Relining). Nejčastějšími prefabrikovanými výstelkami jsou flexibilní vložky (rukávce) vytvrzované nebo lepené na místě (tzv. metody CIPP, Cured-In-Place-Pipe, tedy na místě vytvrzované potrubí). [26, 38]

OBNOVA

Obnovou stokové sítě a kanalizačních přípojek se podle ČSN EN 752 rozumí jejich nové vybudování ve stávající nebo jiné trase, při zachování funkce původních stok a kanalizačních přípojek. Tohoto způsobu sanace se využívá zejména v případech, že renovace stokové sítě by byla příliš nákladná s ohledem na rozsáhlost a četnost poruch.

Obnovu stokové sítě lze provádět v otevřeném výkopu, v polootevřeném výkopu, ale i bezvýkopově. Při vybudování stoky ve stávající trase se využívá destruktivních metod a to zejména trhání a frézování potrubí. Výstavba stokové sítě v jiné trase se obvykle provádí v otevřeném výkopu. V případě nemožnosti či přílišné náročnosti využití otevřeného výkopu se využívá bezvýkopových technologií, zejména řízeného a neřízeného mikrotunelování a minitunelování. [26]

6 STUDIE POSOUZENÍ STOKOVÉ SÍTĚ V OBCI KLADERUBY NAD OSLAVOU

Cílem praktické části bakalářské práce je posouzení provozuschopnosti stokové sítě v obci Kladeruby nad Oslavou a následný koncepční návrh pro zlepšení současného stavu integrovaného systému odvodnění. Praktická část je zpracována formou studie.

6.1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

6.1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název stavby:	Studie posouzení stokové sítě v obci Kladeruby nad Oslavou
Investor:	Obec Kladeruby nad Oslavou Kladeruby nad Oslavou 36, 675 75 Mohelno IČ: 00377601
Obec, kraj:	Kladeruby nad Oslavou, kraj Vysočina
Katastrální území:	k. ú. Kladeruby nad Oslavou (okres Třebíč) [664901]
Vypracoval:	Kristýna Velikovská

6.1.2 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

- mapa katastru nemovitostí;
- geodetické zaměření, výškopis;
- zaměření inženýrských sítí jednotlivých správců sítí (sdělovací kabely Česká telekomunikační infrastruktura, a.s., elektřina E.ON Česká republika, s.r.o., plyn RWE, a.s.);
- dokumentace pro vodovody a kanalizace obce;
- výsledky pasportizace stokové sítě obce. [1]

6.1.3 ÚDAJE O ÚZEMÍ

Obec Kladeruby nad Oslavou se nachází v kraji Vysočina, v okrese Třebíč, mezi řekami Oslava a Jihlava. Nadmořská výška zastavěného území obce je v rozmezí 380 až 420 m, nejvyšším bodem katastru Kladeruby nad Oslavou je Zelený kopec s rozhlednou Babylon v nadmořské výšce 491 m. Katastrální území obce zaujímá 1277 ha a je osídlena 201

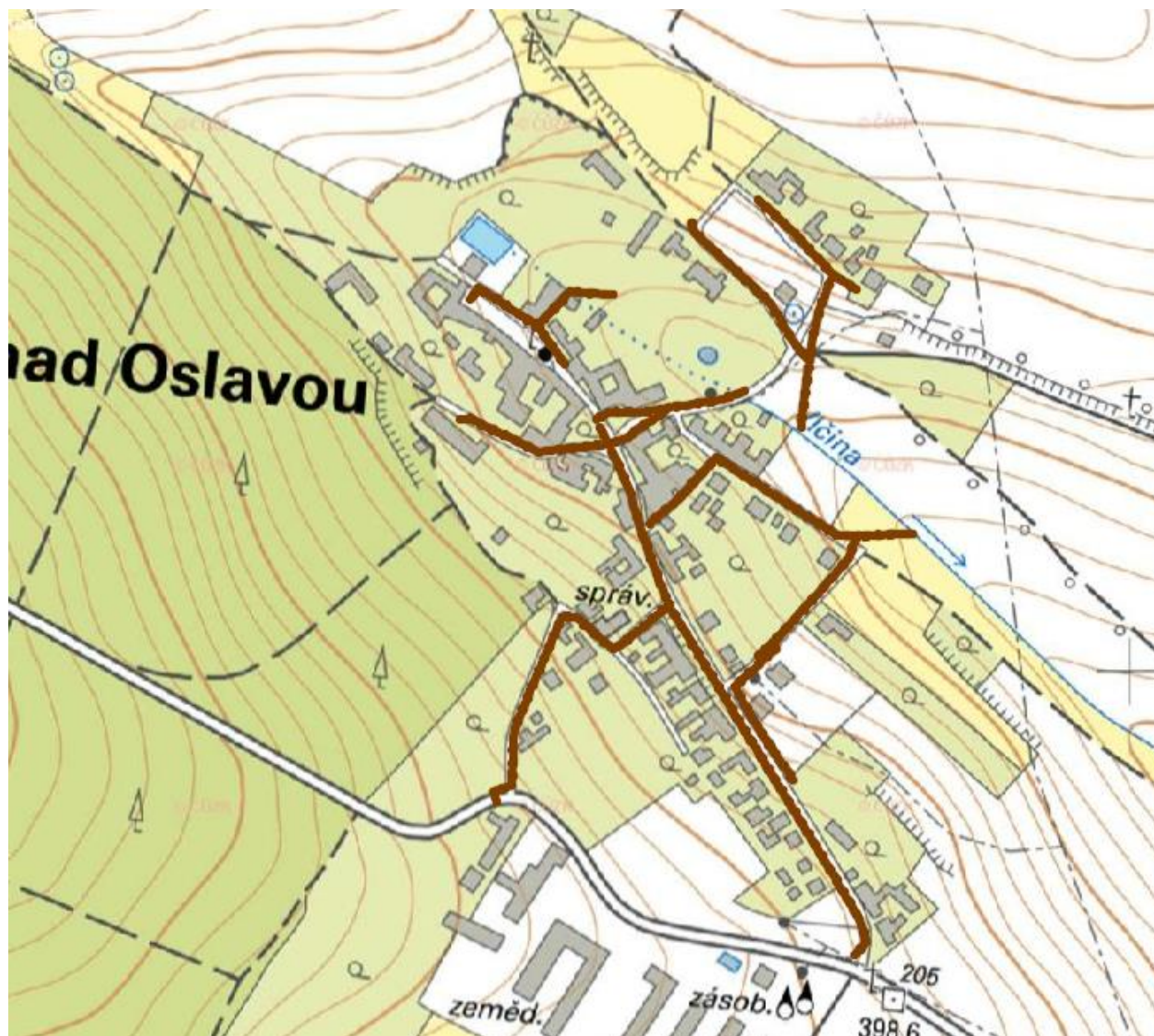
obyvateli (PRVKUK 2015) s výhledem na snížení na 197 obyvatel (PRVKUK 2030). V obci nejsou větší podnikatelské subjekty, které by byly producenty odpadních vod.



Obrázek 6.1 Orientační umístění obce [5]

6.1.4 SOUČASNÝ SYSTÉM ODVODNĚNÍ

Obec má v současné době vybudovanou jednotnou kanalizační síť, kterou jsou odpadní vody odváděny čtyřmi výustěmi do vodního toku, potoka Vlčina. Většina odpadních vod odváděných jednotnou kanalizací jsou srážkové (povrchové) vody. Splaškové odpadní vody jsou ve značné míře řešeny majiteli nemovitostí pomocí jímání a jejich následné vyvážení. Některé nemovitosti řeší odvodnění jednotně do septiku či jímky s přepadem pro dešťové vody. V obci není vybudována čistírna odpadních vod. Současný systém odvodnění je vykreslen v obrázku 6.2.



Obrázek 6.2 Přehledná situace stávající jednotné kanalizace [Velikovská]

6.1.5 PLÁN ROZVOJE VODOVODŮ A KANALIZACÍ ÚZEMÍ KRAJE (PRVKÚK)

Kladeruby nad Oslavou	
Přehledová mapka	
Číslo obce PRVKUK	291
Kód obce PRVKUK	0614.007.291.00
Kód obce (IČOB)	06490 (590827)
ČP (ČSÚ)	007 (6107)
Název ORP	Náměšť nad Oslavou
Kód POU (ČSÚ)	61071
Název POU	Náměšť nad Oslavou



Členění obce				
	Úplný kód části obce PRVKUK	Název části obce	Kód části obce PRVKUK	Kód části obce RÚIAN
	0614.007.291.01	Kladeruby nad Oslavou	06490	64904

CHARAKTERISTIKA OBCE

Demografický vývoj						
	Bydlící obyvatelé	Počet bydlících obyvatel				
		2000	2015	2020	2025	2030
Kladeruby nad Oslavou	trvale bydlící	194	201	200	199	197
	přechodně bydlící	44	44	44	44	44
	celkem	238	245	244	243	241
Obec Kladeruby nad Oslavou celkem:	trvale bydlící	194	201	200	199	197
	přechodně bydlící	44	44	44	44	44
	celkem	238	245	244	243	241

KANALIZACE A ČOV

Počet obyvatel připojených na ČOV

Název části obce	Počet připojených obyvatel				
	2000	2015	2020	2025	2030
Kladeruby nad Oslavou	0	0	0	0	197
Obec Kladeruby nad Oslavou celkem:	0	0	0	0	197

Popis stávajícího stavu

Obec má vybudovanou jednotnou kanalizační síť, kterou jsou odpadní vody odváděny do vodního toku.

V obci není vybudována čistírna odpadních vod.

Popis návrhového stavu

V obci je uvažováno s výstavbou nové kanalizace, odvádějící pouze splaškové vody. Stávající stoky budou plnit funkci dešťové kanalizace.

V obci bude vybudována čistírna odpadních vod.

V současnosti napojené obce (místní části): nejsou

Nově napojené obce (místní části): Kladeruby nad Oslavou

Návrhový svoz z obcí (místních částí): není

Pokud nebude zajištěna výstavba čistírny odpadních vod, budou vzhledem k nízkému počtu obyvatel odpadní vody z jednotlivých domácností zneškodňovány individuálním způsobem (např. domovní čistírny odpadních vod, jímky na vyvážení).

Časový harmonogram

V oblasti odkanalizování a čištění odpadních vod se pro obec Kladeruby nad Oslavou realizace navrhovaných opatření předpokládá do r. 2030

EKONOMICKÁ ČÁST

Předpokládané investiční náklady na vybudování kanalizace a ČOV v letech 2015 – 2030 jsou 18 800 000 Kč.

6.2 TECHNICKÁ ZPRÁVA

6.2.1 PRŮZKUM A ZJIŠTĚNÍ ZÁVAD

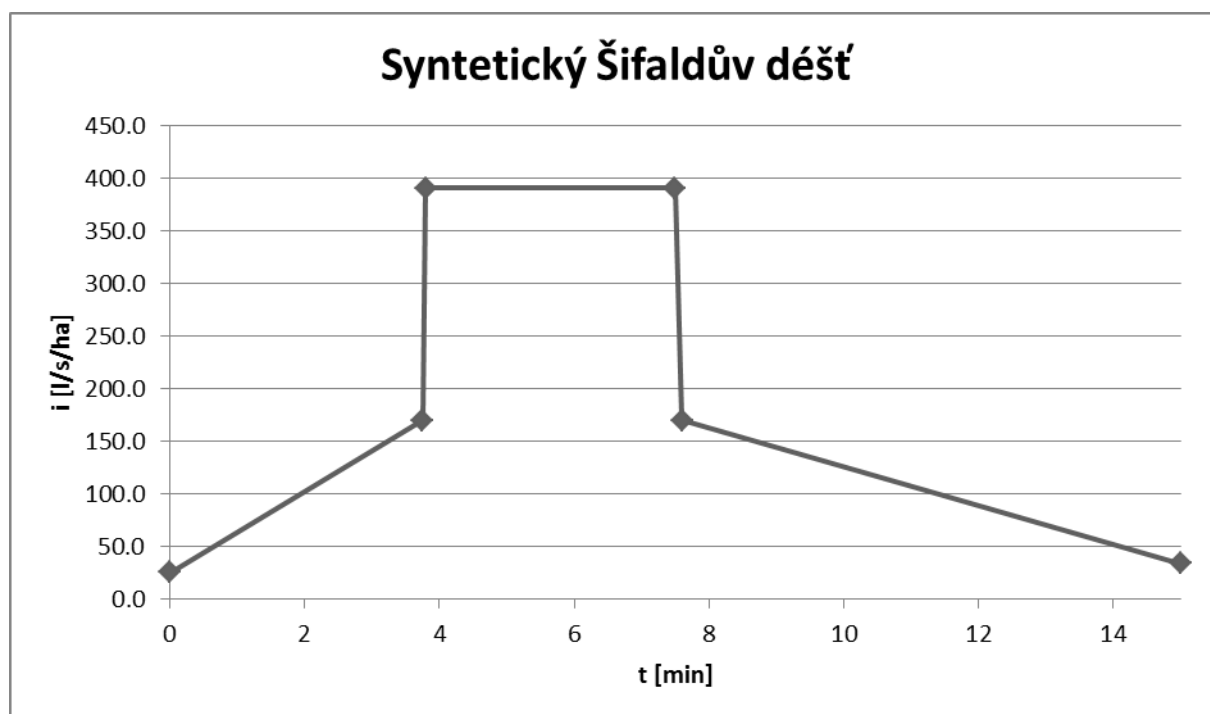
Pro zajištění dostačujících vstupních informací a podkladů jsem provedla pasport stávající kanalizace, jehož výstupy jsou zakresleny v příloze č. 3 *Podrobná situace stávajícího systému odvodnění* včetně geodetického zaměření, podložení mapou katastru nemovitostí a zaměření inženýrských sítí (sdělovací kabely, elektrina, plyn, vodovod).

HYDRAULICKÝ PRŮZKUM A KAPACITA

Na základě zjištěných odtokových poměrů díky pasportizaci stokové sítě obce jsem sestavila matematický simulační srážkoodtokový model v programu SWMM. Jako vstupní déšť byl použit Šifaldův déšť, jehož průběh je zobrazen v obrázku 6.3, který byl sestaven na základě tabulkové hodnoty (tabulka 6.1) 15 minutového deště s periodicitou $n=0,5$. Drsnosti potrubí byly stanoveny v souladu s provedeným monitoringem stokové sítě a zhodnocením jejího stavebně technického a provozního stavu. Tímto vyhodnocením se zabývá následující kapitola *Stavebně technický průzkum a závady*.

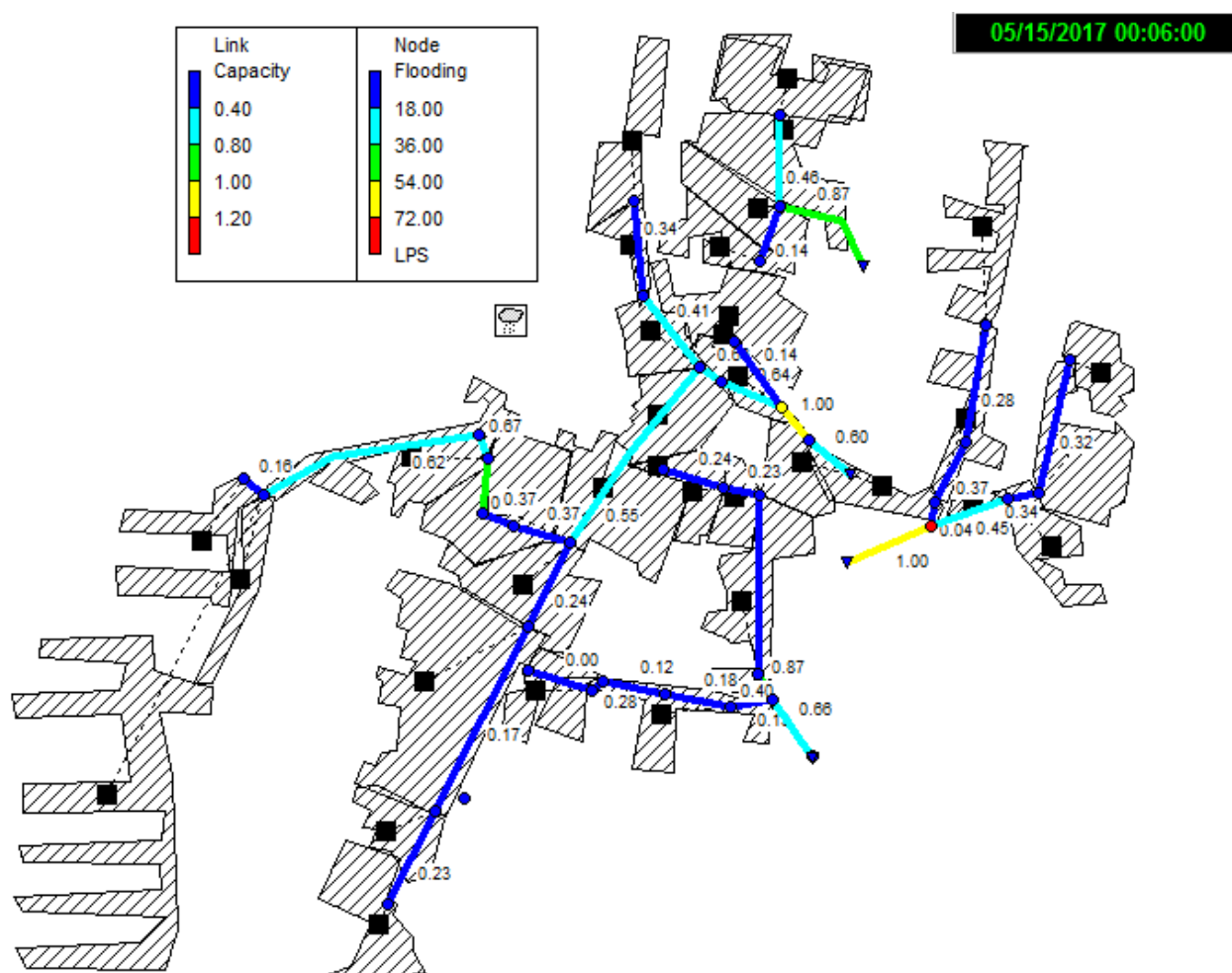
Tabulka 6.1 Vydatnosti náhradního blokového deště podle Ing. J. Trupla z roku 1958 pro srážkoměrnou stanici Třebíč

Doba trvání deště t [min]	vydatnost deště [l/(s.ha)] za dobu t při periodicitě n						
	5	2	1	0.5	0.2	0.1	0.04
5	130.0	193.0	253.0	313.0	397.0	460.0	543.0
10	85.0	132.0	176.0	218.0	277.0	321.0	379.0
15	64.5	102.0	138.0	170.0	216.0	250.0	295.0
20	52.5	84.2	112.0	141.0	178.0	206.0	244.0
30	38.8	63.3	84.5	106.0	133.0	156.0	184.0
40	31.3	51.3	69.0	85.8	109.0	127.0	150.0
60	22.9	37.9	50.0	63.3	80.0	93.1	110.0
90	16.6	27.4	36.6	45.7	58.2	67.7	80.1
120	13.1	22.0	29.4	36.8	46.8	54.2	64.0

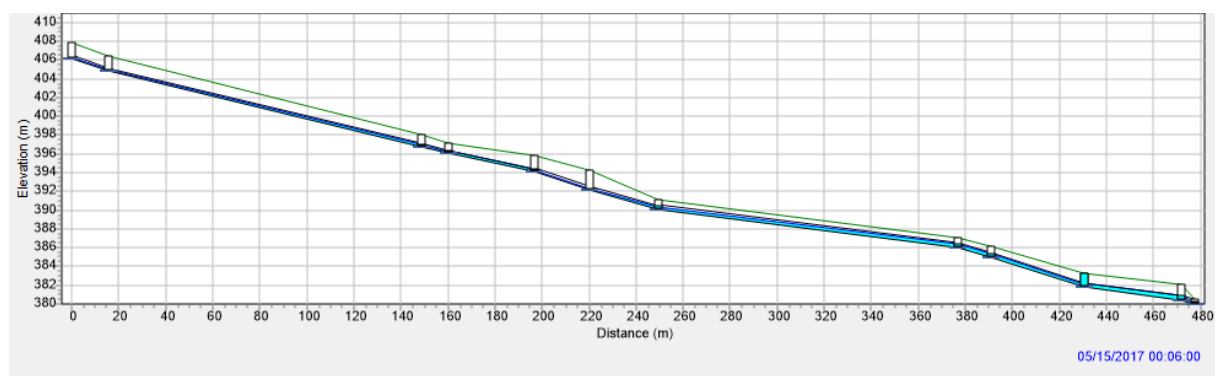


Obrázek 6.3 Průběh syntetického Šifaldova deště ($t=15$ min, $p=0,5$) [Velikovská]

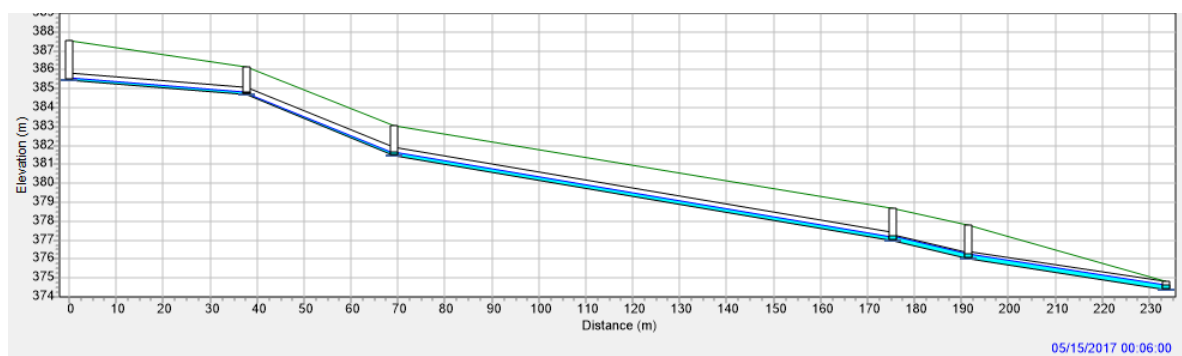
Sestavený simulační model nebyl kalibrován a verifikován, přesto z jeho výsledků zobrazených v obrázku 6.3 lze orientačně určit, že v průběhu stanoveného deště ve čtvrtině úseků dochází k bezpečnému maximálnímu plnění do 40 % profilu stoky (označeno tyrkysovými úseky). V necelé polovině úseků systému dochází k plnění profilu do 80 % (označeno tmavě modrými úseky). Ve dvou úsecích dochází k plnění profilu v rozmezí 80 – 100 % (označeno zelenými úseky). Dva úseky, v nichž dochází k tlakovému proudění, jsou vyznačeny žlutou barvou. Stokový systém je tedy na těchto dvou místech maximálně zatížen, ovšem nedochází k povodňovým stavům. Navíc se jedná o úseky před výustěmi do recipientu, kde v případě výskytu povodňových stavů není ohroženo obyvatelstvo ani jeho majetek. Systém je tedy schopen bezpečně odvést veškeré srážkové vody z území do recipientu vodního toku. Pro znázornění plnění stokového systému při největší intenzitě deště slouží obrázky 6.4 – 6.7. Pro víceleté deště by bylo třeba v těchto úsecích zvýšit sklonové poměry nebo zvážit možnost obnovy. Model uvažuje odvádění srážkových, po dopadu srážky povrchových, vod pouze ze zpevněných a zastavěných ploch území. Mimo tato území je uvažován přirozený vsak do půdy.



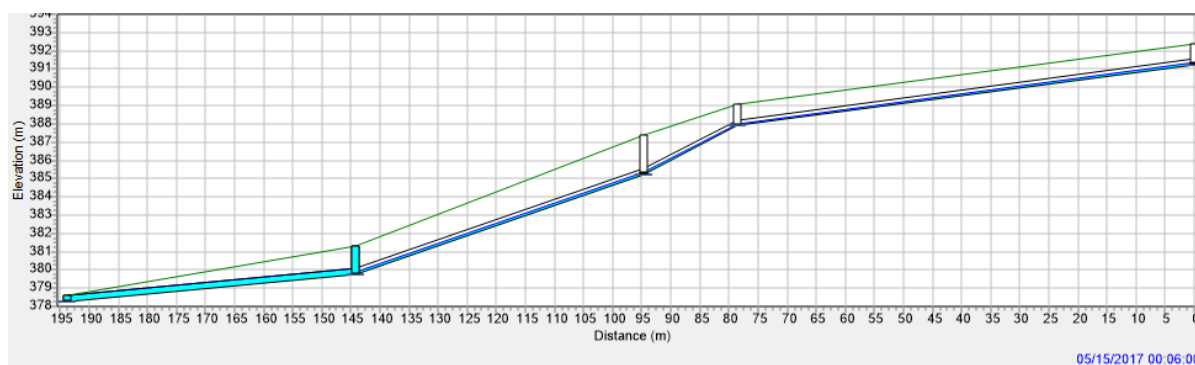
Obrázek 6.4 Výstupy ze simulačního modelování SWMM – situace. [Velikovská]



Obrázek 6.5 Výstupy ze simulačního modelování SWMM - podélný profil Š11 - V1. [Velikovská]



Obrázek 6.6 Výstupy ze simulačního modelování SWMM - podélný profil Š27 - V2. [Veliková]



Obrázek 6.7 Výstupy ze simulačního modelování SWMM - podélný profil Š45 - V3. [Veliková]

PRŮZKUM Z HLEDISKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A ZÁVADY

Obcí Kladeruby nad Oslavou byly poskytnuty výsledky laboratorních zkoušek z chemického průzkumu vypouštěné odpadní vody do recipientu, potoka Vlčina protékajícího obcí a dále ústícího do rybníků Vlčina I a Vlčina II. Výsledky zkoušek z loňského roku jsou zpracovány v příloze č. 1 *Výsledky chemického vyšetření vzorků vypouštěné odpadní vody do recipientu.*

Porovnáním výsledků zkoušek se stanovenými limity (tabulky 6.2 – 6.5) vodoprávním úřadem, byl zjištěn nevyhovující stav vypouštěné odpadní vody do recipientu toku Vlčina.

LIMITY PRO VYPOUŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD DO RECIPIENTU:

Tabulka 6.2 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výúst' V1. [1]

Ukazatel pro V1	Jednotky	„p“	„m“
BSK ₅	mg/l	350	420
CHSK _{Cr}	mg/l	700	840
NL	mg/l	250	300

Poznámka "p" - přípustné koncentrace, "m" - nepřekročitelné koncentrace

Tabulka 6.3 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výust' V2. [1]

Ukazatel pro V2	Jednotky	„p“	„m“
BSK ₅	mg/l	355	424
CHSK _{Cr}	mg/l	707	805
NL	mg/l	253	303

Poznámka "p" - přípustné koncentrace, "m" - nepřekročitelné koncentrace

Tabulka 6.4 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výust' V3. [1]

Ukazatel pro V3	Jednotky	„p“	„m“
BSK ₅	mg/l	350	420
CHSK _{Cr}	mg/l	581	836
NL	mg/l	250	299

Poznámka "p" - přípustné koncentrace, "m" - nepřekročitelné koncentrace

Tabulka 6.5 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výust' V4. [1]

Ukazatel pro V4	Jednotky	„p“	„m“
BSK ₅	mg/l	350	420
CHSK _{Cr}	mg/l	581	836
NL	mg/l	250	299

Poznámka "p" - přípustné koncentrace, "m" - nepřekročitelné koncentrace

STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRIMÁRNÍ PRŮZKUM A ZÁVADY

Stavebně technický primární průzkum jsem provedla vizuální vnitřní prohlídkou pomocí šachtové kamery. Záznamy byly vytvořeny v šachtách Š6, Š9, Š24, Š38, Š43 a Š48 vyznačených v příloze 3. Podrobná situace stávajícího systému odvodnění na všech úsecích do nich přitékajících i odtékajících. Tyto šachty jsou v příloze zaznačeny a náležitě popsány. Zkoumané úseky jsou různého stáří, materiálu i světlosti profilu. Jednotlivé úseky jsou zatříděny dle *Metodiky hodnocení technického stavu kanalizační sítě* a kanalizačních přípojek do společné tabulky 6.2 a také znázorněny v příloze 4. *Situace stavebně technického stavu stokové sítě*. Závady zjištěné průzkumem jsou zaznamenány v příloze č. 2 *Záznamy poruch stokové sítě dle ČSN EN 13508* v individuálních tabulkách pro každý úsek. Pro názornost jsou v obrázcích 6.8 – 6.11 zobrazeny fotografie stavebně technického stavu vybraných úseků.

UKÁZKY STAVEBNĚ TECHNICKÉHO STAVU STÁVAJÍCÍ STOKOVÉ SÍTĚ:



Obrázek 6.8 Stavebně technický stav úseku Š14-Š9. [Velikovská]

Vyskytující se poruchy: BAJ, BCC, BBA, BBD



Obrázek 6.9 Stavebně technický stav úseku Š43-Š42. [Velikovská]

Vyskytující se poruchy: BAC



Obrázek 6.10 Stavebně technický stav úseku Š22-Š21. [Velikovská]
Vyskytující se poruchy: BAJ, BAF



Obrázek 6.11 Stavebně technický stav úseku Š44-Š43. [Velikovská]
Vyskytující se poruchy: BBC, BAJ

Tabulka 6.6 Hodnocení stavebně technického stavu vybraných úseků stokové sítě. [Velikovská]

Číslo úseku	Profil	Materiál	Hodnocení
	[mm]		
Š25-Š24	400	beton	K4
Š24-Š23	300	beton	K4
Š21-V2	400	beton	K4
Š22-Š21	400	beton	K4
Š28-Š21	300	PVC	K4
Š11-Š10A	300	beton	K4
Š10A-Š10	300	beton	K4
Š9-Š6	500	beton	K4
Š10-Š9	500	beton	K3
Š14-Š9	400	beton	K4
Š6-Š5	500	beton	K4
Š9-Š6	300	beton	K3
Š7-Š6	300	beton	K3
P-Š6	300	beton	K3
Š48-Š47	300	beton	K4
Š50-Š48	500	beton	K4
P2-Š48	500-600	beton	K4
Š38-Š37	300	PVC	K2
Š39-Š38	300	PVC	K2
Š43-Š42	300	beton	K5
Š44-Š43	300	beton	K4
Š46-Š43	300	beton	K4

6.2.2 NÁVRH ŘEŠENÍ ZJIŠTĚNÝCH ZÁVAD

Na základě posouzení stávající stokové sítě v obci Kladeruby nad Oslavou, jehož výsledky jsou pro rekapitulaci znázorněny v tabulce 6.7, navrhuji vybudovat novou stokovou síť pro splaškové odpadní vody a jejich odvádění na nově vybudovanou ČOV a sanovat stávající

stokovou síť, která bude sloužit pro odvádění srážkových (povrchových) vod. Nový systém odvodnění obce bude mít charakter oddílné stokové soustavy.

Tabulka 6.7 Shrnutí výsledků posouzení. [Veliková]

PRŮZKUM	HODNOCENÍ
HYDAULICKÝ	
četnost překročení Q_{kap}	vyhovuje
četnost povodňových stavů	vyhovuje
OCHRANA ŽP	
vypouštění do recipientu	nevyhovuje
míra obtěžování zápachem	vyhovuje
STAVEBNĚ TECHNICKÝ STAV	
četnost a charakter poruch	nevyhovuje

Vybudování nové stokové sítě pro splaškové odpadní vody a ČOV

Výstavba splaškové stokové sítě je navržena dle pokynů ČSN 75 6101 *Stokové sítě a kanalizační přípojky* z trub PVC KG hladkých SN 8 a SN 12 (v krajské komunikaci) a světlostech DN 250. Potrubí bude uloženo primárně ve zpevněných plochách s krytím min. 1,8 m s ohledem na ochranná pásma a dodržení nejmenších dovolených svislých i vodorovných vzdáleností od stávajících inženýrských sítí. Tyto vzdálenosti při křížení nebo souběhu inženýrských sítí jsou popsány v ČSN 73 6005 *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*.

Stávající kanalizace bude plnit funkci dešťové kanalizace, proto napojení nemovitostí v obci nemusí být rušena. Majitelé zajistí, že těmito přípojkami budou odváděny pouze srážkové vody. Splaškové odpadní vody z koupelen, záchodů a kuchyní budou napojeny na nově navrženou splaškovou kanalizaci a odváděny na nově navrženou ČOV v jihovýchodní části obce. Po konzultaci se starostou obce nebude uvažováno o napojení zemědělského závodu na navrženou splaškovou kanalizaci.

Navržená čistírna odpadních vod bude umístěna tak, aby její 50 metrové ochranné pásmo nezasahovalo do obytného území nebo území s plánovanou výstavbou nových rodinných domů dle územního plánu. Přecházející odpadní vody budou vypouštěny do recipientu vodního toku Vlčina a budou splňovat požadavky NV č. 401/2015 Sb.

Navržená splašková kanalizaci a ČOV jsou zakresleny v příloze 5. *Situace návrhu splaškové kanalizace a ČOV*.

Sanaci stávajícího stokového systému

Vzhledem k provedenému monitoringu šachtovou kamerou v předem vytipovaných úsecích a jedné spojně komoře stávajícího systému a následnému ohodnocení jejich celkového technického stavu a vyskytujících se poruch jsem sestavila návrh sanace systému.

Všechny zkoumané úseky je nutno vyčistit dle zásad odvětvové technické normy *TNV 75 6925 Obsluha a údržba stok*.

Pro jednotlivé zkoumané úseky byly navrženy metody sanace a zapsány do tabulky 6.4. Sanací stávajícího potrubí budou zajištěny lepší odtokové podmínky způsobené snížením drsnosti potrubí, čímž bude zabráněno vzniku kapacitního plnění systému.

Tabulka 6.8 Návrh metody sanace pro jednotlivé zkoumané úseky. [Velikovská]

ÚSEK	POSTUP A METODA SANACE		
	VYČIŠTĚNÍ	DRUH SANACE	METODA
Š25-Š24	ano	renovace	zapravení přípojky frézou a vtažení CIPP vložky
Š24-Š23	ano	renovace	zapravení přípojky frézou a vtažení CIPP vložky
Š21-V2	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š22-Š21	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š28-Š21	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š11-Š10A	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š10A-Š10	ano	renovace	zapravení přípojky frézou a vtažení CIPP vložky
Š9-Š6	ano	renovace	zapravení přípojky frézou a vtažení CIPP vložky
Š10-Š9	ano	renovace	zapravení přípojky frézou a vtažení CIPP vložky
Š14-Š9	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š6-Š5	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š9-Š6	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š7-Š6	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
P-Š6	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š48-Š47	ano	renovace	zapravení přípojky frézou a vtažení CIPP vložky
Š50-Š48	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
P2-Š48	ano	renovace	U-Liner nebo vtažení CIPP vložky
Š38-Š37	ano	ne	-
Š39-Š38	ano	ne	-
Š43-Š42	ano	oprava	výměna zborcené části trouby v otevřeném výkopu
		renovace	vtažení CIPP vložky
Š44-Š43	ano	renovace	vtažení CIPP vložky
Š46-Š43	ano	renovace	zapravení přípojky frézou a vtažení CIPP vložky

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce předkládá postup a jeho podrobně zpracované jednotlivé kroky při posuzování stokových systémů urbanizovaných povodí.

Rešerše bakalářské práce v první části popisuje klasický a současný přístup k odvodňování urbanizovaného povodí. Tato část je dále zaměřena na získávání dílčích znalostí v oblasti posuzování stokových systémů s ohledem na současnou integrovanou koncepci odvodnění území. Zabývá se nakládáním s dešťovými vodami, monitorováním a získáváním dat pro sestavení simulačních modelů.

Druhá část rešerše řeší samotné posuzování stokových systémů, průzkum, hodnocení získaných výsledků z posouzení a přípravu plánu pro řešení zjištěných nedostatků a závad systému.

Předmětem praktické části bakalářské práce je aplikování zjištěných znalostí z rešerše a provedení posouzení stokového systému v obci Kladeruby nad Oslavou. Pro tyto účely jsem provedla pasport a monitoring stávající kanalizace.

Na základě takto získaných informací jsem sestavila simulační srážkoodtokový model v programu SWMM. Simulací bylo zjištěno, že stávající kanalizace obce je schopna bezpečně odvádět veškeré odpadní vody z území do vodního toku.

V rámci průzkumu šachtovou kamerou byl zjištěn stávající stavebně technický stav stokové sítě, který hodnotím jako nevyhovující z hlediska provozu. Předpokládám díky tomuto stavu značnou exfiltraci, tedy únik odpadních vod.

Pro posouzení z hlediska životního prostředí mi bylo obcí poskytnuto měření koncentrací na výustích do recipientu z loňského roku. Vzhledem k absenci čistírny odpadních vod se koncentrace vypouštěných odpadních vod pohybují v opravdu vysokých hodnotách. Tyto hodnoty nevyhovují stanoveným limitům vodoprávním úřadem.

Spolu s posouzením jsem sestavila návrh koncepčního řešení pro plnění legislativních a bezpečnostních požadavků na stokový systém. V obci navrhuji vybudovat oddílnou stokovou soustavu, která se bude skládat ze stávající stokové sítě, jež bude plnit funkci dešťové kanalizace, a nově vybudované splaškové kanalizace odvádějící splaškové vody na nově navrženou čistírnu odpadních vod. Obyvatelé obce se připojí na splaškovou kanalizaci domovními přípojkami. Občané obce budou seznámeni s možností využití dotačního programu Dešťovka, díky kterému by vznikla možnost jejich vlastní úspory a z hlediska šetrnosti k životnímu prostředí a obecného nedostatku vody byla srážková voda, místo odvedení do recipientu, dále využívána. Přestože dešťová kanalizace vyhovuje hydraulickým požadavkům, pro její nevyhovující stavebně technický stav jsem navrhla pro téměř všechny úseky renovaci pomocí CIPP vložek.

Navržený stav stokového systému vyhoví stanoveným požadavkům.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Pasportizační údaje a dostupné údaje o stokové síti vybrané části urbanizovaného celku jako podklad pro zpracování BP.
- [2] ČSN EN 752. Odvodňovací systémy vně budov: Český normalizační institut, Praha, 2008
- [3] ČSN 75 6101, Stokové sítě a kanalizační přípojky, Český normalizační institut. Praha, 2004
- [4] STRÁNSKÝ, David et al. *Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí*. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf
- [5] *Mapy.cz* [online]. 2015 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [6] P., HLAVÍNEK, MIČÍN J., PRAX P., MIFEK R. a HLUŠTÍK P. *Stokování a čištění odpadních vod*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2006.
- [7] VÁCLAVÍK, Vojtěch. *Historie stokování a čištění, Účel stokování*. In: Vodohospodářská zařízení II [online]. 2014 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://hg10.vsb.cz/546/VHZ2/1_uvod.html
- [8] PETŘÍK, Jiří. *Decentralizované odvádění a čištění odpadních vod z obcí do 200 EO*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA.
- [9] HÁNKOVÁ, D. *Kanalizační stoky*. Praha, 2005. Dostupné také z: <http://people.fsv.cvut.cz/www/hanekpav/K154/PDF/Stokovani.pdf>.
- [10] Domovní čistírny odpadních vod. In: *Aquatec VFL, s.r.o.* [online]. 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.aquatec-vfl.cz/cz/domovni-cistirny-odpadnich-vod>
- [11] PLOTĚNÝ, Karel a Adam BARTONÍK. *Možnosti využití energie z odpadních vod*. In: ASIO, spol. s r.o. [online]. 2012 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/238.moznosti-vyuziti-energie-z-odpadnich-vod>.
- [12] DOLEJŠ, Petr a Marek HOLBA. Opětovné využití vody v ČR. Včetně odpadní. *Smart Cities* [online]. 2016 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.scmagazine.cz/casopis/04-16-04-16/opetovne-vyuziti-vody-v-cr-vcetne-odpadni?locale=cs>.
- [13] KAPKOVÁ, Květoslava. *Počítáme s vodou: Mezinárodní konference Počítáme s vodou 2017: Hospodaření se srážkovou vodou* [online]. In: . Praha, 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.pocitamesvodou.cz/archiv-2/konference-2/>.

- [14] O dotačním programu Dešťovka – „Modrá úsporám“. *Dotace na dešťovou vodu* [online]. 2017 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.dotace-na-destovou-vodu.cz/index.php>.
- [15] SUCHÁNEK, Milan, Karel PRYL a Ivana KABELKOVÁ. Základní přístupy k monitoringu městského odvodnění. *VII. ročník konference „Optimalizace návrhu a provozu stokových sítí a ČOV“ - Hydrosphere 2006* [online]. Břeclav [cit. 2017-05-22]
- [16] BAREŠ, Vojtěch, Eva MRÁZIKOVÁ a Petr SÝKORA. Inovativní metody měření průtoku v systémech městského odvodnění. *Vodní hospodářství* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2010, 52(9/2010), 256-260 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh09-2010.pdf>.
- [17] Měření srážek. In: *Vodárenská akciová společnost, a.s.* [online]. Brno, 2009 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/divize-brno-venkov/mereni-srazek>.
- [18] Měření průtoku s využitím ultrazvukové korelační metody. *Automa – časopis pro automatizační techniku, s. r. o.* [online]. Ústí nad Labem, 2002, 2002(02) [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://automa.cz/cz/casopis-clanky/mereni-prutoku-svyuzitim-ultrazvukove-korelacni-metody-2002_02_28341_1305/.
- [19] NOVÁK, Pavel. *Meteostanice s rozhraním ethernet*. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií, Ústav počítačových systémů. Vedoucí práce Ing. Pavel Bartoš.
- [20] Meteorologické přístroje. In: *Meteo Včasné varování* [online]. Pardubice [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.meteovcasnevarovani.cz/userFiles/manualni-meteo-stanice/srazkomer-slouzici-k-mereni-destovych-srazek.jpg>
- [21] 27. 4. 2012: Měření srážek na totalizátoru na Sněžníku. In: *Český hydrometeorologický ústav* [online]. Ústí nad Labem, 2012 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://www.chmuul.org/aktuality/2012-05-totalizator/img/13_3_2012%20094.jpg.
- [22] Srážkoměr laserový. In: *Www.Envimarket.cz* [online]. Brno, 2009 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.envimarket.cz/picture.php?id=320&w=350&h=200>.
- [23] *Laserová anemometrie* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2016 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/optika/0600.htm>.
- [24] OSIČKA, Tomáš. *Laserová dopplerovská anemometrie*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Doc. Ing. Jan Jedelský, Ph.D.

- [25] ĎAĎO, Stanislav, Ludvík BEJČEK a Antonín PLATIL. *Měření průtoku a výšky hladiny*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-730-0156-X.
- [26] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALANÍK. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Brno, 2006. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Vysoké učení technické v Brně.
- [27] HORÁK, Marek. Průzkum a technická analýza stokových sítí. *Vodohospodářské stavby*: Konstrukce Media [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.vodohospodarske-stavby.cz/clanek/pruzkum-a-technicka-analyza-stokovych-siti/>
- [28] Vyhláška č. 356/2002 Sb Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování. In: *Sbírka zákonů*. ročník 2002, částka 127, číslo 356.
- [29] Jak se měří zápach? In: *EliaTV* [online]. 2015 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://eliatv.cz/jak-se-meri-zapach/3045>.
- [30] HAUSCHILDT, Heike a Bettina MANNEBECK. *Messung, Analyse und Beurteilung von Umweltgerüchen* [online]. 2015 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2015_is/2015_IS_131-150_Hauschild.pdf.
- [31] FRECHEN, Franz-Bernd. Bekämpfung von Geruch und Korrosion in der Kanalisation: *DWA WasserWirtschafts-Kurs O/6 „Abwasserentsorgung im ländlichen Raum“ Kassel* [online]. 2014 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: https://www.uni-kassel.de/fb14bau/fileadmin/datas/fb14/Institute/IWAU/Siedlungswasserwirtschaft/Vortraege/Vortraege_2014/G_DWA_O6_LR_EntschKrit_2014-11-07.pdf.
- [32] ŠKAŘUPOVÁ, Karolína. *Provozně-technický stav stokové sítě*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
- [33] PŘESLIČKA, Jiří. *Zpracování přehledu a popisu epizodních modelů srážko-odtokových událostí pro odnos látek*. České Budějovice, 2012. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská. Vedoucí práce Ing. Jana Moravcová, Ph.D.
- [34] HASA, Martin. *Modelování odtokových procesů v experimentálním povodí Bystřice v Krušných horách*. Praha, 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze,

Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie. Vedoucí práce
RNDr. Michal Jeníček, Ph.D.

- [35] *Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.: Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.* In: . 2015, částka 166, číslo 401.
- [36] REC, Oldřich. *Posouzení centralizovaného a decentralizovaného systému čištění odpadních vod: Obec Mariánské Radčice - Odvedení a likvidace splaškových vod.* Hradec Králové, 2015.
- [37] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě.* Brno: VUT v Brně, FAST, 2012.
- [38] HOLEŠ, Petr. *Renovace stokové sítě CIPP metodami.* Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
- [39] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *BP054 Hydrologie stokových sítí: přednášky.* Brno, 2017.
- [40] SVATOŠKOVÁ, Irena. Schéma tlakové kanalizace. In: *FAST TZB I. VŠB* [online]. Ostrava: VŠB TUO, 2008 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/tzb-1/pict/805.png>.
- [41] Srážkoměr MR3H-F (MR3H-FC). In: *Meteoservis* [online]. Vodňany, 2008 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: http://www.meteoservis.cz/fotky/MR3HFC_2005_1.jpg

9 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA Č. 1 Výsledky chemického vyšetření vzorků vypouštěné odpadní vody do recipientu

Datum odběru vzorku:	25.4.2016			
Čas odběru:	8:50-10:50			
Místo odběru:	Kladeruby nad Oslavou - výust' 1			
Matrice:	voda odpadní			
Způsob odběru:	sléváný 2 hodinový vzorek			
Účel odběru:	analýza ve vyžádaných ukazatelích			
Ukazatel	Hodnota	Limit (p)	Jednotka	Překročení
barva	46	-	mg/l Pt	-
BSK ₅	7400	420	mg/l	17,5 x
CHSK _{Cr}	12700	840	mg/l	15 x
NL	55	300	mg/l	vyhovuje
pach	příjemný	-	-	-
zákal	27	-	ZF (n)	-

Datum odběru vzorku:	25.4.2016			
Čas odběru:	9:00-11:00			
Místo odběru:	Kladeruby nad Oslavou - výúst' 2			
Matrice:	voda odpadní			
Způsob odběru:	slévaný 2 hodinový vzorek			
Účel odběru:	analýza ve vyžádaných ukazatelích			
Ukazatel	Hodnota	Limit (p)	Jednotka	Překročení
barva	38	-	mg/l Pt	-
BSK ₅	68	355	mg/l	vyhovuje
CHSK _{Cr}	218	707	mg/l	vyhovuje
NL	42	253	mg/l	vyhovuje
pach	příjemný	-	-	-
zákal	23	-	ZF (n)	-

Datum odběru vzorku:	25.4.2016			
Čas odběru:	9:05-11:05			
Místo odběru:	Kladeruby nad Oslavou - výúst' 3			
Matrice:	voda odpadní			
Způsob odběru:	slévaný 2 hodinový vzorek			
Účel odběru:	analýza ve vyžádaných ukazatelích			
Ukazatel	Hodnota	Limit (p)	Jednotka	Překročení
barva	22	-	mg/l Pt	-
BSK ₅	60	350	mg/l	vyhovuje
CHSK _{Cr}	146	581	mg/l	vyhovuje
NL	90	250	mg/l	vyhovuje
pach	příjemný	-	-	-
zákal	25	-	ZF (n)	-

Datum odběru vzorku:	10.10.2016			
Čas odběru:	11:40-13:40			
Místo odběru:	Kladeruby nad Oslavou - výust' 1			
Matrice:	voda odpadní			
Způsob odběru:	slévaný 2 hodinový vzorek			
Účel odběru:	analýza ve vyžádaných ukazatelích			
Ukazatel	Hodnota	Limit (p)	Jednotka	Překročení
barva	75	-	mg/l Pt	-
BSK ₅	150	420	mg/l	vyhovuje
CHSK _{Cr}	105	840	mg/l	vyhovuje
NL	300	300	mg/l	vyhovuje
pach	příjemný	-	-	-
zákal	48	-	ZF (n)	-

Datum odběru vzorku:	10.10.2016			
Čas odběru:	11:50-13:50			
Místo odběru:	Kladeruby nad Oslavou - výust' 2			
Matrice:	voda odpadní			
Způsob odběru:	slévaný 2 hodinový vzorek			
Účel odběru:	analýza ve vyžádaných ukazatelích			
Ukazatel	Hodnota	Limit (p)	Jednotka	Překročení
barva	41	-	mg/l Pt	-
BSK ₅	300	355	mg/l	vyhovuje
CHSK _{Cr}	500	707	mg/l	vyhovuje
NL	1800	253	mg/l	7 x
pach	příjemný	-	-	-
zákal	48	-	ZF (n)	-

Datum odběru vzorku:	10.10.2016			
Čas odběru:	12:00-14:00			
Místo odběru:	Kladeruby nad Oslavou - výúst' 3			
Matrice:	voda odpadní			
Způsob odběru:	sléváný 2 hodinový vzorek			
Účel odběru:	analýza ve vyžádaných ukazatelích			
Ukazatel	Hodnota	Limit (p)	Jednotka	Překročení
barva	42	-	mg/l Pt	-
BSK ₅	140	350	mg/l	vyhovuje
CHSK _{Cr}	245	581	mg/l	vyhovuje
NL	54	250	mg/l	vyhovuje
pach	příjemný	-	-	-
zákal	55	-	ZF (n)	-

PŘÍLOHA Č. 2 Záznamy poruch stokové sítě dle ČSN EN 13508

ÚSEK			Š25-Š24								
DN			300								
MATERIÁL			BETON								
VIDEOZÁZNAM			0000								
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	Pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š1	03					00:00:00
2.5		BAJ	B		20		03	06	A		00:00:05
5.0		BAJ	B		25		03	06	A		00:00:09
5.2		BAG			30		01	02			00:00:14
7.5		BAJ	B		35		03	06	A		00:00:24
	0	BAF	A				00	12			00:00:00
	10	BAF	A				00	12			00:02:03

ÚSEK			Š24-Š23								
DN			400								
MATERIÁL			BETON								
VIDEO			0001								
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	Pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š1						00:00:00
7.8		BAG			30		01	03			00:00:40
	0	BAF	A				00	12			00:00:00
	10	BAF	A				00	12			00:01:14

ÚSEK		Š28-Š21									
DN		300									
MATERIÁL		PVC									
VIDEO		0004									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š2						00:00:00
4		BBH	Z							pavouk	00:00:05
	0	BAF	A	C			07	05			00:00:14
	6	BAF	A	C			07	05			

ÚSEK		Š22-Š21									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		0003									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	Odkaz na fotodokumentaci	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š2						00:00:00
9		BAJ	B		30		01	05			00:00:28
	0	BAF	A				09	03			00:00:00
	10	BAF	A				09	03			00:01:14

ÚSEK		Š21-V2									
DN		400									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		0002									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š2						00:00:00
2.5		BAB	C	B	30		12	12	A		00:00:02
	4.0	BAB	C	D	30						00:00:14
	8.0	BAB	C	D	30						

ÚSEK		Š11-Š10A									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		0005									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š3						00:00:00
5										kočka	00:00:20
	5	BAB	C	D	20						00:00:20
	10	BAB	C	D	20						00:01:36
0		BAF	A	C							00:00:00
7		BCC	B	B	30						00:01:22

ÚSEK		Š10A-Š10									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		0006 ;									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charak- terizace		Kvanti- fikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozázna m
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š3						00:00:00
2.5		BAJ	A		35				A		00:00:10
3		BAB	C	B	20		12	12			00:00:41
7		BAB	C	B	20		12	12			00:00:41
	0	BAF	A	C			12	12			00:00:00
	10	BAF	A	C			12	12			00:01:08
	0	BBB	A		15		10	2			00:00:00
	3	BBB	A		15		10	2			00:00:08
2.5		BBG					5	7			00:00:08

ÚSEK		Š10-Š9									
DN		500									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		0008									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charak- terizace		Kvanti- fikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozázna- m
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š4						00:00:00
	5	BAB	B	D	30		12	12			00:00:26
	10	BAB	B	D	30		12	12			00:01:13
1.5		BAG			20		2	3			00:00:01
10		BCC	A	B	20						00:00:14

ÚSEK		Š14-Š9									
DN		400									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		0009									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charak- terizace		Kvanti- fikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozázna- m
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š4						00:00:00
2.5		BAJ	B		30		8	3	A		00:00:27
5		BAJ	B		30		8	3	A		00:00:40
7.5		BAJ	B		40		7	3	A		00:00:45
5		BCC	A	B	20				A		00:00:27
2.5		BBA	B		5		10	12	A		00:00:27
5		BBA	B		5		10	12	A		00:00:40
7.5		BBA	B		5		11	12	A		00:00:45
2.5		BBD	C						A		00:00:27
5		BBD	C						A		00:00:40
7.5		BBD	C						A		00:00:45

ÚSEK		Š9-Š5									
DN		500									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		0007									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charak- terizace		Kvanti- fikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozázna- m
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š4						00:00:00
2.5		BAJ	B		30		5	10	A		00:00:06
3		BAB	A	B	10		12	12			00:00:11
3.5		BAB	A	B	10		12	12			00:00:11
3.5		BBA	B		15		11	2			00:00:11
4		BAG			10		12				00:00:11
5		BBB	C		2				A		00:00:25
5		BAJ	B		30		8	2	A		00:00:33
5		BCC	B	B	20				A		00:00:33
5		BBA	B		20		12	3	A		00:00:46

ÚSEK		Š7-Š6									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00012									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š5						00:00:00
2.5		BAJ	B		15		8	3	A		00:00:08
4		BAB	B	B	10		12	12			00:00:21

ÚSEK		Š9-Š6									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00011									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charak- terizace		Kvanti- fikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š5						00:00:00
	0	BAF	A	C			9	3			00:00:02
	1.5	BAF	A	C			9	3			00:00:02
5		BCC	A,B		90						00:00:20
	3	BBC	A		10		5	7			00:00:02
	5	BBC	A		10		5	7			00:00:08

ÚSEK		P-Š6									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00013									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š5						00:00:00
2.5		BAJ	B		20		10	1	A		00:00:06
3		BAB	C	B	20		8	5			00:00:19
5		BBC	A				30				00:00:19

ÚSEK		Š6-Š5									
DN		500									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00010									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š5						00:00:00
	0	BBC	A,B		5		5	7			00:00:00
	10	BBC	A,B		5		5	7			00:01:00
2.5		BAJ	B		15		2	10	A		00:00:23
3		BAB	A	B	10		2	10			00:00:28
4		BAB	A	B	10		2	10			00:00:28

ÚSEK		Š50-Š48									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00016									
Poloha v podélném směru	Kód pro závadu na úseku	Hlavní kód	Charak- terizace		Kvanti- fikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozázna m
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š6						00:00:00
	0	BAF	A	C			12	12			00:00:00
	1	BAF	A	C			12	12			00:00:00
0.5		BAF	B	C			3	4			00:00:00
2.5		BAJ	B		30		7	3	A		00:00:11
3		BAB	B	B	10		12	12			00:00:16
3.5		BAB	B	B	10		12	12			00:00:20
5		BCC	A	B	30						00:00:27

ÚSEK		P2-Š48									
DN		500									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00017									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š6						00:00:00
2		BAJ	B	A	30	20	5	1	A		00:00:00
4		BAJ	B	A	50	30	7	4	A		00:00:15
5		BAB	B	B	10		12	12			00:00:18

ÚSEK		Š48-Š47									
DN		500-600									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00015									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š7						00:00:00
2.5		BAJ	B		10		7	11	A		00:00:22

ÚSEK		Š38-Š37									
DN		300									
MATERIÁL		PVC									
VIDEO		00018									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charak- terizace		Kvanti- fikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š7						00:00:00

ÚSEK		Š4-Š43									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00021									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š8						00:00:00
2.5		BBC	B		20		3	6			00:00:08
2.5		BAJ	A	B	10	30	9	3	A		00:00:08
5		BAJ	B		20		9	4	A		00:00:21
7.5		BBC	B	B	30						00:00:28

ÚSEK		Š46-Š43									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00022									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š8						00:00:00
2.5		BAJ	B		30		8	4	A		00:00:08
4		BAG			40						00:00:12

ÚSEK		Š43-Š42									
DN		300									
MATERIÁL		BETON									
VIDEO		00020									
Poloha v podélném směru	Kód pro závalu na úseku	Hlavní kód	Charakterizace		Kvantifikace		Poloha na obvodu		Spoj	pozn.	Odkaz na videozáznam
			1	2	1	2	1	2			
0		BCD	A		Š8						00:00:00
	0	BAC	C								00:00:01
	2.5	BAC	C								00:00:02

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1 Srovnání systému centralizovaného s decentralizovaným [9]	9
Tabulka 3.1 Nároky na počet srážkoměrných stanic s ohledem na členitost krajiny [15]	13
Tabulka 3.2 Metody pro stanovení stavebně-technického stavu stokové sítě [2, 26]	19
Tabulka 5.1 Schématické rozdělení prováděných průzkumů na stokových sítích [2]	27
Tabulka 5.2 Doporučené hodnoty klíčových ukazatelů z hlediska hydrauliky [4]	30
Tabulka 5.3 Emisní standardy ukazatelů [mg/l] přípustného znečištění odpadních vod dle NV č. 401/2015 Sb. [35]	31
Tabulka 5.4 Kategorizace intenzity zápachu [30]	32
Tabulka 6.1 Vydatnosti náhradního blokového deště podle Ing. J. Trupla z roku 1958 pro srážkoměrnou stanici Třebíč	41
Tabulka 6.2 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výust' V1. [1]	44
Tabulka 6.3 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výust' V2. [1]	45
Tabulka 6.4 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výust' V3. [1]	45
Tabulka 6.5 Limity pro vypouštění odpadních vod pro výust' V4. [1]	45
Tabulka 6.6 Hodnocení stavebně technického stavu vybraných úseků stokové sítě. [Velikovská]	48
Tabulka 6.7 Shrnutí výsledků posouzení. [Velikovská]	49
Tabulka 6.8 Návrh metody sanace pro jednotlivé zkoumané úseky. [Velikovská]	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 Systémy uspořádání stokových sítí [6]	6
Obrázek 2.2 Schéma tlakové kanalizace [40]	7
Obrázek 2.3 Domovní čistírna odpadních vod [10]	8
Obrázek 3.1 Ombrometr MR3H-FC společnosti Meteoservis.	13
Obrázek 3.2 Člunkový srážkoměr [20]	14
Obrázek 3.3 Totalizátor na Sněžníku [21]	15
Obrázek 3.4 Disdrometr [22]	15
Obrázek 3.5 Optická sestava k pozorování Dopplerova jevu. [23].....	17
Obrázek 3.6 Korelační ultrazvukový průtokoměr [18]	17
Obrázek 3.7 Náhled do šachty při pořizování záznamu šachtovou kamerou [27]	20
Obrázek 3.8 Monitoring kanalizace šachtovou kamerou [Velikovská]	20
Obrázek 3.9 Kamerový vozík [Velikovská].....	21
Obrázek 3.10 Měření zápachu pomocí Olfaktometru. (Geruchsneutrale Luft = vzduch bez zápachu, Verdünnte Mischung = zředěný vzduch, Probe = vzorek) [31]	23
Obrázek 4.1 Postup při simulačním modelování [4].....	24
Obrázek 4.2 Struktura modelu SHE [34]	25
Obrázek 4.3 Rozdělení srážkoodtokového procesu do hydrologického a hydraulického modelu [4]	26
Obrázek 6.1 Orientační umístění obce [5]	37
Obrázek 6.2 Přehledná situace stávající jednotné kanalizace [Velikovská]	38
Obrázek 6.3 Průběh syntetického Šifaldova deště ($t=15$ min, $p=0,5$) [Velikovská].....	42
Obrázek 6.4 Výstupy ze simulačního modelování SWMM – situace. [Velikovská].....	43
Obrázek 6.5 Výstupy ze simulačního modelování SWMM - podélný profil Š11 - V1. [Velikovská].....	43
Obrázek 6.6 Výstupy ze simulačního modelování SWMM - podélný profil Š27 - V2. [Velikovská].....	44
Obrázek 6.7 Výstupy ze simulačního modelování SWMM - podélný profil Š45 – V3. [Velikovská].....	44
Obrázek 6.8 Stavebně technický stav úseku Š14-Š9. [Velikovská].....	46
Obrázek 6.9 Stavebně technický stav úseku Š43-Š42. [Velikovská].....	46

Obrázek 6.10 Stavebně technický stav úseku Š22-Š21. [Velikovská].....	47
Obrázek 6.11 Stavebně technický stav úseku Š44-Š43. [Velikovská].....	47

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BSK ₅	-	biochemická spotřeba kyslíku pětidenní
c	-	koncentrace
cm ²	-	centimetr čtvereční
ČOV	-	čistírna odpadních vod
ČSN EN	-	evropská norma
ČSN	-	česká technická norma
DČOV	-	domovní čistírna odpadních vod
DN	-	jmenovitá světlost potrubí
EO	-	ekvivalentní obyvatel
ha	-	hektar
Hz	-	hertz
H ₂ S	-	sirovodík, sulfan
H ₂ SO ₄	-	kyselina sírová
GEP	-	Geruchs Emissions Potenzial
CHSK _{Cr}	-	chemická spotřeba kyslíku
km, km ²	-	kilometr, kilometr čtvereční
l, l/os/den	-	litr, litry na osobu a den
m, m ²	-	metr, metr čtvereční
mg/l	-	miligram na litr
NaCl	-	chlorid sodný
NL	-	nerozpuštěné látky
N-NH ⁴⁺	-	amoniakální dusík
OV	-	odpadní vody
Q _{kap}	-	kapacitní průtok
Q ₃₅₅	-	355 denní průtok
p	-	periodicita
P _{celk}	-	fosfor
SFŽP	-	Státní fond životního prostředí
SN	-	pevnostní třída

SEZNAM PŘÍLOH

1. Výsledky chemického vyšetření vzorků vypouštěné odpadní vody do recipientu
2. Záznamy poruch stokové sítě dle ČSN EN 13508
3. Podrobná situace stávající jednotné kanalizace, M 1:2000
4. Situace stavebně technického stavu stokové sítě, M 1:2000
5. Situace návrhu splaškové kanalizace a ČOV, M 1:2000

SUMMARY

This Bachelor thesis presents the process of assessment of sewerage systems of urban catchments and its detailed steps.

The first (research) part of my bachelor thesis describes the classical and contemporary approach to urban catchments draining. This part focuses on gaining information about the assessment of sewerage systems in the contemporary approach to draining. I focused on rain water management, monitoring of sewerage systems and draw up data for making simulation models as well.

The second part deals with the assessments of different sewerage systems, the research in sewerage systems, the evaluation of results of these assessments and on the plan preparation for solving known insufficiencies and imperfections of these systems.

The subject of the practical part of my thesis is the application of acquired information and the execution of the assessment of the sewerage system in Kladeruby nad Oslavou. For this purpose I analyzed the surroundings and the current sewerage system.

Based on acquired information I put together a rainfall-flow simulation in the SWMM software. The results proved the current systems ability to drain waste water to watercourse the safe way.

I surveyed the current sieve network technical condition with a manhole camera and evaluated it as unsatisfactory from the operational point of view. I concluded this could lead to excessive exfiltration of waste water.

The mayor of Kladeruby nad Oslavou village provided me with the results of the measurement of quality drained waste water. There is no wastewater treatment plant in the village, therefore the values of pollution are high and do not meet the legislative decree.

I drew up a conceptual design for the solution of detected problems. The design meets the legislative and security requirements. I designed a system composed of stormwater sewer and new sanitary sewer and wastewater treatment plant. The contemporary sewer system should be used as stormwater sewer. Kladeruby nad Oslavou inhabitants should be instructed to use the Dešťovka grant to become more environmental friendly and to save money.

Although the hydraulic conditions of contemporary system do meet the requirements, the technical construction conditions do not. Therefore I designed a renovation of the system by CIPP method.

The conceptual design respects all set requirements.